



Grupo Ser Educacional  Gente criando o futuro

**CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL**

MARCONI EDSON LEMOS

**REFLEXOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GUARAÇAU - GUARULHOS
(SP)**

Orientador: Professor Dr. Reinaldo Romero Vargas

Coorientador: Professor Dr. Antonio Roberto Saad.

Guarulhos – SP

2017

MARCONI EDSON LEMOS

**REFLEXOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GUARAÇAU,
GUARULHOS (SP)**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisa no Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade UNIVERITAS/UNG como requisito para obtenção do grau de Mestre em Análise Geoambiental.

Orientador: Professor Dr. Reinaldo Romero Vargas;

Co-orientador: Professor Dr. Antonio Roberto Saad.

Guarulhos

2017



A Comissão Julgadora dos Trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada “**Reflexos do Uso e Ocupação da terra na Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau – Guarulhos (SP)**”, em sessão realizada em 22 de Novembro de 2017, considerou o candidato Marconi Edson Lemos aprovado.

A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes pesquisadores:

Prof. Dr. Reinaldo Romero Vargas

Orientador

Universidade UNG

Profa. Dra. Marisa Vianna Mesquita

Universidade UNG

Profa. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda

Universidade UNG

Guarulhos

2017

“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra! Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.”

Charles Chaplin



A Persistência da Memória de Salvador Dalí

AGRADECIMENTOS

Durante esses anos de pesquisa só tenho a agradecer a todos que passaram pelo meu caminho e que com certeza deixaram um pouco de si. Os momentos de alegria serviram para me permitir acreditar na beleza da vida, e os de sofrimento, serviram para um crescimento pessoal único. É muito difícil transformar sentimentos em palavras, mas serei eternamente grato a vocês, pessoas imprescindíveis para a realização e conclusão deste trabalho.

“Há homens que lutam um dia e são bons, há outros que lutam um ano e são melhores, há os que lutam muitos anos e são muito bons. Mas há os que lutam toda a vida e estes são imprescindíveis.”

Bertolt Brecht

Primeiramente, agradeço ao Orientador: Professor Dr. Reinaldo Romero Vargas e ao Coorientador: Professor Dr. Antonio Roberto Saad por acreditarem que eu era capaz e pela orientação. Só tenho a agradecer aos seus ensinamentos (pessoais e acadêmicos), orientações, palavras de incentivo, puxões de orelha, paciência e dedicação. Vocês são pessoas ímpares, onde busco inspirações para me tornar melhor em tudo faço e irei fazer daqui para frente. Tenho orgulho em dizer que um dia fui orientado por vocês.

À Profa. Dra. Regina de Oliveira Moraes Arruda, muito obrigado pela ajuda, ensinamentos, orientações e contribuições. Por me receber em sua sala de portas abertas e sempre estar à disposição, respondendo minhas dúvidas e me incentivando a acreditar que tudo daria certo. Realmente, deu certo, e você é parte essencial desse trabalho.

A MINHA FAMÍLIA, especialmente a minha companheira e filhos Cristiane, Dayan e Vitória. Aos meus irmãos e em especial ao Guido e sua companheira Patty que estiveram juntos comigo nesses estudos trocando informações, experiências e risadas e também a parentes que, mesmo estando a alguns quilômetros de distância, se mantiveram incansáveis em suas manifestações de apoio e carinho.

A MINHA MÃE Ana Aguiar Lemos pelo seu incentivo continuo aos meus estudos e meu pai Afonso Rodrigues Lemos (In memoriam).

AOS AMIGOS de Mestrado que compartilharam comigo esses momentos de aprendizado

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

RESUMO

O crescimento populacional das grandes metrópoles, aliado à falta de uma política habitacional eficaz, provoca uma preocupante situação de uso e ocupação da terra em áreas naturalmente de riscos à habitação humana, tal fato é agravado, sobretudo, pela constante retirada de mata ciliar, ameaçando a presença da população local em áreas de encostas sujeitas à erosão, assoreamento, enchentes e inundações. Desse modo, áreas urbanas que deveriam estar protegidas em virtude de serem classificadas como áreas de proteção permanente são ocupadas. Guarulhos não difere do contexto nacional na forma de ocupação e uso da terra. A pressão do crescimento demográfico empurra a população de baixa renda para as periferias em busca de áreas com baixo valor de mercado ou que possam ser invadidas, e nesse caso geralmente são áreas de preservação ambiental. Assim, passam a habitar em locais sem planejamento dos gestores públicos e conseqüentemente sem fiscalização nos tipos de edificações, saneamento básico, pavimentação e demais infraestruturas necessárias às comunidades. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau, localizada no compartimento norte do município de Guarulhos (SP) contempla áreas com diferentes classes de uso da terra. Para avaliar a qualidade ambiental da BHRG, a água superficial do Ribeirão Guaraçau foi utilizada como indicador da degradação ambiental da região. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, turbidez (TU), sólidos totais (ST), condutividade elétrica (CE), fósforo total (PT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), bem como a análise microbiológica (*E. coli*) num período de 12 meses e em cinco pontos de coleta. A qualidade da água avaliada através de seus parâmetros e do Índice de Qualidade de Água Modificado (IQAM) demonstraram que o ponto próximo de uma das nascentes foi de melhor qualidade. As áreas com ocupação urbana em seu entorno apresentaram uma piora acentuada na qualidade da água, sendo o último ponto o mais impactado, com IQAM classificado como Péssimo. Dos parâmetros avaliados, o que mais contribuiu para a piora da qualidade da água foi a *E. coli*, seguido de DBO, e PT, todos parâmetros relacionados com a presença de esgoto nos corpos hídricos. Medidas preventivas, tais como proteção e recuperação das matas, a coleta e tratamento do esgoto nas áreas urbanas ao longo da bacia e orientações aos produtores agrícolas quanto ao uso consciente de fertilizantes e agrotóxicos certamente auxiliarão em uma melhora significativa da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau e conseqüentemente a qualidade ambiental da região.

Palavras-Chave: Poluição hídrica; IQA; Qualidade Ambiental.

ABSTRACT

The population growth of large metropolises, coupled with the lack of an effective housing policy, causes a worrying situation of land use and occupation in areas naturally threatened by human habitation. This fact is aggravated by the constant removal of ciliary forest, threatening the presence of the local population in areas of slopes subject to erosion, silting, floods and floods. Thus, urban areas that should be protected by virtue of being classified as permanent protection areas are occupied. Guarulhos does not differ from the national context in the form of occupation and land use. The pressure of demographic growth pushes the low-income population to the peripheries in search of areas of low market value or that may be invaded, and in this case generally are areas of environmental preservation. Thus, they begin to live in places without planning of public managers and consequently without inspection in the types of buildings, basic sanitation, paving and other infrastructures necessary to the communities. The Ribeirão Guaraçau Basin, located in the northern compartment of the municipality of Guarulhos (SP), includes areas with different land use classes. In order to evaluate the environmental quality of the BHRG, the Ribeirão Guaraçau water was used as an indicator of environmental degradation in the region. Physical and chemical parameters of temperature, pH, turbidity (TU), total solids (ST), electrical conductivity), total phosphorus (PT), biochemical oxygen demand (BOD), as well as the microbiological analysis (*E. coli*) in a period of 12 months and in five collection points. The quality of the water evaluated through its parameters and the Modified Water Quality Index (IQAM) showed that the point of one of the springs was of better quality. The areas with urban occupation in their surroundings presented a marked worsening in the quality of the water, being the last point the most impacted, with IQAM classified as Poor. From the evaluated parameters, what contributed most to the deterioration of the water quality was *E. coli*, followed by BOD, and PT, all parameters related to the presence of sewage in the water bodies. Preventive measures such as protection and recovery of forests, collection and treatment of sewage in urban areas along the river basin and guidelines to agricultural producers regarding the use of fertilizers and agrochemicals will certainly help in a significant improvement in the water quality of the Basin of Ribeirão Guaraçau and consequently the environmental quality of the region.

Keywords: Water pollution; IQA; Environmental Quality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas;

BHRG - Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau;

CE – Condutividade Elétrica;

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo;

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio;

EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano;

E. coli - *Escherichia coli*;

HCl - Ácido Clorídrico;

H₂SO₄ - Ácido Sulfúrico;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

INMET - Instituto de Meteorologia;

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IQA - Índice de Qualidade da Água;

IQAM - Índice de Qualidade da Água Modificado;

NaOH - Hidróxido de Sódio;

OD - Oxigênio Dissolvido;

pH - Potencial Hidrogeniônico;

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PT - Fósforo Total;

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo;

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados;

SIG - Sistema de Informação Geográfica;

SNGRH - Sistema nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;

ST - Sólidos Totais;

T - Temperatura;

TU - Turbidez;

UNG – Universidade UNG.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológico e seu significado ambiental.	10
Quadro 2. Classificação do IQA	13
Quadro 3. Limite dos parâmetros analisados para a classe 03 do CONAMA 357.	15
Quadro 4. Principais características do meio físico nos macrocompartimentos norte e sul de Guarulhos.	19
Quadro 5. Características do meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau	22
Quadro 6. Coordenadas dos pontos de coleta.....	24
Quadro 7. Métodos de análise utilizados para os parâmetros físico-químicos e microbiológico.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P1.	33
Tabela 2 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P2.....	33
Tabela 3 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P3.....	34
Tabela 4 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P4.	35
Tabela 5 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P5.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração de uma bacia hidrográfica, os divisores de água, as sub-bacias e a drenagem principal. Fonte: ANA (2002).	4
Figura 2. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG), Guarulhos (SP).....	17
Figura 3. Macrocompartimentos norte-sul (GRAÇA, 2007).....	18
Figura 4. Mapa Hidrográfico de Guarulhos. Fonte: Oliveira et al. (2008).....	20
Figura 5. Mapa Hidrográfico da BHRG. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UnG.	23
Figura 6. Mapa da hidrografia, bairros e pontos de coleta da BHRG. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UnG.....	25
Figura 7. Mapa de uso da terra e pontos de coleta da BHRG. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UnG.	30
Figura 8. Diversidade de vegetação na Bacia Hidrográfica Guaraçau. Fonte: foto do autor, 2017	31
Figura 9. Áreas com urbanização já consolidada ao longo da Bacia. Fonte: foto do autor, 2017.....	31
Figura 10. Áreas de agricultura. Fonte: foto do autor, 2017	32
Figura 11. Obras do Rodoanel Mário Covas. Fonte: foto do autor, 2017.	32
Figura 12. Ponto de coleta P1 junto a estrada de terra em meio a vegetação. Fonte: foto do autor, 2017	32
Figura 13. P2 - Largo artificial (a esquerda) e construções de moradia em seu entorno. Fonte: foto do autor, 2017.....	33
Figura 14. Corpo hídrico com a presença de lixo. P3. Fonte: foto do autor, 2017.....	34
Figura 15. Localização do P4. Forte predominância de áreas agrícolas. Fonte: foto do autor, 2017...	35
Figura 16. Ribeirão Guaraçau na Estrada Acácio Antônio Batista (antiga Estrada do Morro Grande). Fonte: foto do autor, 2017	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1. Bacia hidrográfica como unidade de estudo.	4
3.2. Degradação Ambiental	5
3.3. Geoprocessamentos e uso da terra.....	8
3.4. Qualidade da água.....	9
3.4.1. Índice de Qualidade da Água - IQA	12
3.5. Legislação Ambiental.....	13
4. CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DE GUARULHOS	16
4.1. Os macros compartimentos norte e sul de Guarulhos.	18
4.2. Hidrografia de Guarulhos	19
4.3. Clima	20
4.4. Uso e ocupação da terra.....	21
4.5. Características do meio físico da BHRG	22
5. MATERIAIS E MÉTODOS	23
5.1. Pesquisa bibliográfica	23
5.2. Análise das águas.....	24
5.3. Índice da Qualidade da Água modificado - IQAM	26
5.4. Atualização do Mapa de uso da terra.....	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1. Cobertura e uso da terra na BHRG	29
6.2. Características dos locais de coleta.....	32
ARTIGO: REFLEXOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GUARAÇAU - GUARULHOS (SP)	38
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

A histórica crise hídrica ocorrida nos anos de 2013, 2014 e parte de 2015, em especial no sistema Cantareira, um dos principais mananciais de abastecimento da região metropolitana de São Paulo, reforçou a importância da identificação e monitoramento das frágeis áreas de mananciais, fundamentais ao equilíbrio ecológico e ao abastecimento humano, buscando equilibrar as ações antrópicas com a manutenção do ecossistema. (MARENGO et al., 2015).

Dos elementos naturais que o ser humano dispõe, a água aparece como indispensável para sobrevivência. Nas diversas atividades realizadas na superfície da terra, a água é necessária e por isso é cada vez maior a preocupação com a sua qualidade, uma vez que devido às suas propriedades de solvente e a sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas.

Pode-se dizer que a qualidade da água está diretamente ligada às condições de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005). Portanto, a água pode ser utilizada como um geoindicador sobre a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica.

O uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica é um fator determinante na degradação ambiental das águas, pois é a partir dela que serão definidos os usos prioritários da bacia. Contudo, as formas de uso da água nem sempre vem adequadas a um planejamento de uso e cobertura da terra e por isso tende à depredação frente à expansão e desenvolvimento urbano. Assim, esta dinâmica de urbanização nas regiões periféricas, através da ocupação ilegal e predatória de terra urbana, faz com que grande parte das áreas urbanas de risco e proteção ambiental, tais como as margens dos cursos d'água, esteja ameaçada pelas ocupações precárias de uso habitacional de baixa renda, por absoluta falta de alternativas habitacionais, seja via mercado privado, seja via políticas públicas sociais (MARICATO, 2003).

De fato, o nível dos problemas sociais e ambientais de determinadas áreas é impressionante, superpondo, em termos espaciais (e sociais), os piores indicadores socioeconômicos com riscos de enchentes e deslizamentos de terra, um ambiente intensamente poluído e serviços públicos extremamente ineficientes (TORRES; MARQUES, 2001).

No município de Guarulhos, localizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a poluição dos recursos hídricos é visível, principalmente nos cursos d'água que cortam o meio urbano, conforme pode ser observado na literatura supracitadas (RIBEIRO et

al 2013, VARGAS et al, 2015, VARGAS et al, 2017). O crescimento urbano desordenado da cidade retrata fielmente as pesquisas supracitadas. O excesso de submoradias em áreas de risco expõe parcelas significativas da população a perigos que não se tem controle e nem recursos para sua mitigação. O deslocamento da mancha urbana em direção a porção norte do município observado em mapas temporais elaborados a partir de fotos de satélites, põe em evidência o conflito de interesses e a falta de controle na forma de uso e ocupação da terra por se tratar de área de mananciais e de proteção ambiental definido legalmente através do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, como Parque Estadual da Serra da Cantareira. Ocupações subnormais em áreas invadidas, terrenos de baixo valor, com alta declividade, aonde falta coleta de esgotos, de resíduos sólidos, transporte, saúde, educação e infraestruturas adequadas nos remete para análise da degradação ambiental dos recursos naturais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar as mudanças espaço-temporais do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG) e correlacionar seus reflexos na qualidade das águas do Ribeirão Guaraçau.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar os resultados obtidos para parâmetros físico-químicos e microbiológico da água com os dados referenciados pela Resolução CONAMA 357/2005, e enquadramento de acordo com o Decreto Estadual de São Paulo nº 10.755/1977;
- Calcular e discutir o Índice de Qualidade da Água Modificado (IQAM) ao longo da BHRG;
- Atualizar o mapa de uso e ocupação da terra da BHRG.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Bacia hidrográfica como unidade de estudo.

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (SILVA, 1995). Os conceitos de bacia e sub-bacias se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica, ou como sendo extensões de terras delimitadas por divisores de águas e drenadas por um rio e seus tributários (Figura 1). (FERNANDES E SILVA, 1994).

Figura 1. Ilustração de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Agência Nacional de Aguas, ANA (2002).

Botelho e Silva (2004) entendem as bacias hidrográficas como células básicas de análise ambiental, onde a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita. Cabe mencionar que a ação de planejar depende diretamente da ação de pesquisa e análise dos variados aspectos do meio ambiente e das formas de uso e ocupação que a sociedade estabelece ao longo do tempo. Destacam ainda que a partir de 1990 cresceu o valor da bacia hidrográfica enquanto unidade de análise e planejamento ambiental, sendo possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico. Lima (2005) reforça que a identificação da bacia como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas tem conduzido à aplicação do conceito de gestão de bacias hidrográficas, dando ao recorte destas um novo significado.

A Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recurso Hídricos define em seu Art. 1º inciso V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recurso Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

3.2. Degradação Ambiental

Na literatura existem diferentes conceitos acerca do termo degradação ambiental. Para Guerra e Guerra (1997, p. 184) a degradação ambiental é:

“...causada pelo homem, que, na maioria das vezes, não respeita os limites impostos pela natureza. A degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas também a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e baías, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem.”

Sobre este mesmo assunto, Lima e Roncaglio (2001, p. 55) indicam que:

“... a expressão degradação ambiental qualifica os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, qualquer lesão ao meio ambiente causada por ação de pessoa, seja ela física ou jurídica, de direito público ou privado, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais.”

No tocante aos dois conceitos acima apresentados, um aspecto importante que merece ser destacado é que a degradação ambiental não é causada somente pelo homem. A partir dos conceitos anteriormente expostos, é possível notar que o termo degradação ambiental é utilizado de forma genérica para se referir às intervenções antrópicas no ambiente. Cunha e Guerra acerca desta mesma temática dizem que “Certos processos ambientais, como lixiviação, erosão, movimentos de massa e cheias, podem ocorrer com ou sem a intervenção humana.” (CUNHA; GUERRA, 1998)

“Alterações ocorridas em bacias hidrográficas, por exemplo, podem ter suas causas associadas a fenômenos naturais. Todavia, nos últimos anos, o ser humano tem participado como um agente acelerador dos processos que modificam e desequilibram a paisagem” (CUNHA; GUERRA, 1998). Ressalta-se que ações pontuais e isoladas em bacias hidrográficas (BITAR; ORTEGA, 1998) na tentativa de recuperar a qualidade ambiental são

em certos casos ineficazes, tendo em vista que os processos de degradação ambiental constituem-se em problemas sistêmicos.

Outro aspecto a ser ressaltado é que embora exista, na forma de lei uma definição tanto para o termo degradação ambiental como para o termo impacto ambiental, os mesmos certas vezes são utilizados como sinônimos.

No que diz respeito ao conceito de degradação ambiental a ser adotado neste trabalho optou-se pelo existente na Lei nº 6.938, de 31/08/81, artigo 3º, inciso II da Política Nacional do Meio Ambiente, onde degradação da qualidade ambiental constitui-se na "...alteração adversa das características do meio ambiente." (BRASIL, 1981). Encontra-se implícita na Lei nº 6.938 o conceito de degradação ambiental a qual é sinônimo da expressão degradação da qualidade ambiental. Salienta-se que a lei federal foi alterada pela Lei nº 7.804, de 18/07/89, que mantém a mesma definição referente ao termo (LIMA; RONCAGLIO, 2001).

Ressalta-se o fato de que a degradação ambiental é um fenômeno exclusivamente adverso enquanto o termo impacto ambiental pode se referir tanto a um aspecto positivo como a um aspecto negativo.

No contexto brasileiro, o país é submisso a uma política de crescimento econômico onde o modelo de desenvolvimento, apesar de ter promovido o crescimento econômico do país, ampliando a faixa da classe média e promover um relativo avanço tecnológico no setor produtivo trouxe, em contrapartida consequências graves no âmbito social, econômico e ambiental (BUARQUE, 1993). Temos como exemplo dessas consequências o crescimento acelerado e desordenado das cidades, o fluxo migratório do campo para a cidade e a consequente falta de preparo desta população para realizar atividades não-rurais, bem como a perda na qualidade ambiental nas grandes concentrações urbanas (ROSS; DEL PRETTE, 1998).

É preciso salientar que entre as décadas de 1960 e 1980 os padrões de produção e consumo adotados pela sociedade acarretaram visíveis problemas no que concerne à deterioração das dimensões ambiental, cultural, social, econômica e ecológica, tendo como consequência direta, a perda na qualidade de vida das populações (IBAMA, 2002). Nas duas últimas décadas do século passado registrou-se um estado de profunda crise mundial, cuja a complexidade afetou diversos aspectos da vida do homem, tal como a saúde, o modo de vida e a qualidade do meio ambiente (CAPRA, 1997).

A degradação dos recursos naturais vem crescendo assustadoramente, atingindo, atualmente, níveis críticos que repercutem na deterioração do meio ambiente (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Depreende-se desta afirmativa que, conseqüentemente, a

degradação dos recursos naturais causa prejuízos de ordem econômica, ambiental e social, seja no âmbito do espaço urbano ou rural.

Especificamente no meio urbano "A degradação do ambiente e, conseqüentemente, a queda da qualidade de vida se acentuam onde o homem se aglomera: nos centros urbano-industriais. Aqui, os rios, fundos de vales e bairros residenciais periféricos dividem o espaço com o lixo e a miséria." (MENDONÇA, 1994, p. 10)

No tocante ao meio rural "As atividades agrícolas e pastoris são responsáveis pela transformação paisagística em amplas áreas. Iniciam substituindo a cobertura vegetal e modificam o ritmo das relações entre as plantas e os solos." (CHRISTOFOLETTI, 2001, p. 424).

Ross (1994) ao tratar da Sociedade industrial e o ambiente, indica que tanto o espaço urbano como o espaço rural apresentam problemas ambientais significativos, impostos pelo processo acelerado de tecnificação das sociedades humanas seja nos países capitalistas ou socialistas, de primeiro ou terceiro mundo.

Todas as sociedades causam algum tipo de degradação ambiental, não importando sua condição socioeconômica, seu modo de produção, bem como o local onde se situam, ou seja, no meio urbano ou no meio rural a degradação existe conforme o tipo e a intensidade das atividades realizadas.

Nesse sentido a identificação e a cartografia do uso e ocupação da terra constitui-se num importante instrumento em estudos ligados à área ambiental, pois é possível verificar os agentes responsáveis pelas condições ambientais da área (MENDONÇA, 1999).

Na Agenda 21, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, existem diversas discussões e possíveis soluções para os problemas ambientais em nível global.

Sobre a degradação ambiental consta neste documento que:

“A pobreza e a degradação do meio ambiente estão estreitamente relacionadas. Enquanto a pobreza tem como resultado determinados tipos de pressão ambiental, as principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiente mundial são os padrões insustentáveis de consumo e produção, especialmente nos países industrializados.” (AGENDA 21, 1992).

Depreende-se desta citação que a degradação ambiental é causada por diferentes classes sociais. Ressalta-se, porém, que pessoas com baixo poder aquisitivo não possuem tanta capacidade de causar degradação ambiental como pessoas com elevado poder aquisitivo,

com maior facilidade de produzir e consumir bens materiais e, conseqüentemente, de gerar resíduos, por exemplo.

Cunha e Guerra (1998) apontam para o fato de que a degradação ambiental é, por definição, um problema social. A degradação dos recursos naturais é um problema que compete a todas as pessoas que compõem a sociedade o tratarem de maneira ética, séria e com comprometimento social, com o intuito de promover a melhoria da qualidade de vida das populações.

Consta ainda na Agenda 21 (2001) que todas as atividades humanas devem ser norteadas pelo conceito de desenvolvimento sustentável, isto é, explorar racionalmente os recursos naturais, sem, no entanto, deixar de pensar nas futuras gerações.

3.3. Geoprocessamentos e uso da terra

Uma das formas consagradas da aplicação do uso das geotecnologias é nas pesquisas ligadas a análise ambiental, sobretudo, nos estudos relacionados às bacias hidrográficas por meio de dados orbitais de sensoriamento remoto, em que por meio do processamento digital de imagens é possível obter-se uma análise sobre a cobertura e o uso da terra. (NUNES; LEITE, 2014).

Segundo IBGE (2013) o levantamento sobre a cobertura e o uso da terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. Nesse contexto ele indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre.

Os estudos de uso e ocupação da terra quando apoiadas nos elementos de Sistema de Informação Geográfica (SIG), como o Software Spring/INPE, geram informações que permitem ao usuário uma análise espacial das diversas atividades antrópicas com uma maior facilidade. (NUNES; LEITE, 2014).

Florenzano (2002) explica que o SIG é uma ferramenta computacional da Geoinformação, disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informação geográfica. Para a pesquisadora essa ferramenta tem utilidade no estudo e monitoramento do meio ambiente e no planejamento de cidades, regiões, países de diferentes tipos de atividades.

O levantamento do uso da terra em uma região é essencial para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Florenzano (2002) cita que as mudanças no uso da terra

podem ser verificadas através de estudos realizados com imagens obtidas em diferentes datas por sensoriamento remoto, pois sensores a bordo de satélites coletam dados da superfície terrestre de forma sistemática e repetitiva (resolução temporal). Essa característica das imagens de satélites possibilita o monitoramento dos ambientes e a atualização do material cartográfico.

A capacidade de interferência e ocupação no meio natural torna o homem o principal protagonista modelador do espaço geográfico. Para Oliveira et al. (2015), o espaço geográfico resulta da construção/reconstrução produzida pela sociedade que, mediante o trabalho, transforma a natureza, isto é, produz espaço. Este espaço é dinâmico e produzido pelas forças dialéticas da natureza e da sociedade e reflete-se no uso e ocupação das terras.

O IBGE ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra cita que estes estudos também representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, frente aos diferentes manejos empregados na produção, contribuindo para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento. Nesse sentido, Pancher e Rosset. (2013) recorda que dentre os mapas temáticos derivados das tecnologias de geoprocessamento destaca-se o mapa de uso e ocupação da terra como ferramenta indispensável em estudos ambientais, na tomada de decisão em ordenamento e planejamento do território, e na definição de políticas públicas de gestão de recursos naturais.

3.4. Qualidade da água

A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. As características desejáveis da água dependem do uso que dela será feito. As exigências para a água destinada ao consumo humano são diferentes das relativas à usada na irrigação ou na recreação (PINHEIRO, 2004).

As características físicas estão relacionadas, principalmente, com o aspecto estético da água. Nelas incluem a cor, a turbidez, o sabor e o odor. As análises químicas as determinam de modo mais preciso. Uma série extensa de parâmetros pode ser analisada, tais como pH, dureza, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fenóis e compostos tóxicos (metais pesados e pesticidas) (PINHEIRO, 2004).

Entre as impurezas presentes nas águas, estão os organismos que, conforme sua natureza, tem grande significado, principalmente para o abastecimento humano, pois alguns

deles, como certas bactérias, vírus e protozoários são patogênicos e podem provocar doenças e epidemias. As características biológicas das águas são usualmente determinadas por indicadores da presença de matéria fecal. As bactérias utilizadas como indicador são os coliformes termotolerantes (ROMERO, 2004).

Segundo Zilberman (1997), os agentes biológicos são muito importantes na sua relação com a saúde pública e podem também ser significantes na modificação das características físicas e químicas da água. Uma fonte de água potável para abastecimento deve ser tão livre de atividades biológicas quanto for possível.

Através das análises físico-químicas e microbiológica da água, pode-se avaliar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica, pois a água funciona como um geoindicador, e uma vez associado a outros dados permite identificar problemas ambientais. O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais parâmetros físico-químicos e microbiológico da água e seus significados ambientais.

Quadro 1. Parâmetros físico-químicos e microbiológico e seu significado ambiental.

pH	O pH é importante porque muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente são intensamente afetadas pelo seu valor. Sistemas biológicos também são bastante sensíveis ao valor do pH, sendo que, usualmente, o meio deve ter pH ente 6,5 e 8,5 para que os organismos não sofram grandes danos. (BRAGA et al, 2002).
Temperatura (T)	A temperatura altera a solubilidade dos gases e a cinética das reações químicas, fazendo com que a interação dos poluentes com o ecossistema aquático seja bastante influenciada por sua variação. (BRAGA et al, 2002).
Oxigênio dissolvido (OD)	O oxigênio dissolvido é um dos constituintes mais importantes dos recursos hídricos. Embora não seja o único indicador de qualidade da água existente, é um dos mais usados porque está diretamente relacionado com os tipos de organismos que podem sobreviver em um corpo de água. (BRAGA et al, 2002).
Turbidez (TU)	A turbidez acentuada em águas naturais impede a penetração os raios solares, e consequentemente prejudica a fotossíntese, causando problemas ecológicos para o meio aquático. Também, em níveis elevados, podem tornar a água imprópria ao consumo humano pelo aspecto estético ou por manchar roupas e aparelhos sanitários (BRAGA et al, 2002).
Condutividade Elétrica (CE)	A medida da condutividade elétrica pode ser relacionada com a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais, em mg/L, parâmetro muito sensível ao lançamento de efluentes o que facilita avaliar a qualidade do corpo hídrico, pois é uma medida direta.(CETESB, 2015).
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	A quantidade de oxigênio dissolvido na água necessária para a decomposição da matéria orgânica é chamada de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. Em outras palavras, a DBO é o oxigênio que vai ser respirado pelos decompositores aeróbios para a decomposição completa da matéria orgânica lançada na água. A DBO serve como uma forma de medição do potencial poluidor de certas substâncias biodegradáveis em relação ao consumo de oxigênio dissolvido. (BRAGA et al, 2002).

Fósforo Total (PT)	O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais e domésticos. (CETESB, 2015).
Sólidos totais (ST)	O aumento da concentração de sólidos em suspensão em um rio aumenta a turbidez da água, o que diminui a penetração da luz solar e por conseguinte reduz a taxa de fotossíntese dos organismos fotossintetizadores, comprometendo a produção de alimentos para toda a cadeia alimentar. O aumento da sedimentação no fundo dos corpos hídricos, também afeta as características dos sedimentos podendo impactar a vida dos organismos bentônicos. Esses sedimentos podem conter altas frações de matéria orgânica causando o aumento da atividade anaeróbia no fundo de rios, lagos e mares. (TRENTIN E BOSTELMANN 2010)
Microbiológico <i>Escherichia Coli</i>	– Com a <i>E. coli</i> a determinação é cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais, dentre as bactérias de habitat reconhecidamente fecal, dentro do grupo os coliformes fecais, <i>E. coli</i> é a mais conhecida e a mais facilmente diferenciada dos membros não fecais. Todos os demais membros do grupo têm uma associação duvidosa com a contaminação fecal e <i>E. coli</i> , embora também possa ser introduzida a partir de fontes não fecais, é o melhor indicador de contaminação fecal conhecido até o momento. Por esse motivo, as tendências atuais se direcionam no sentido de detecção específica de <i>E. coli</i> , com o desenvolvimento de diversos métodos que permitem a enumeração rápida dessa espécie diretamente. (NIKAIDO et al, 2004).

A utilização da água para um determinado propósito não deve prejudicar os diversos usos possíveis, entre os quais figuram aspectos culturais, atividades recreativas e a preservação da diversidade biológica. Em consequência, surge a necessidade de monitorar os cursos hídricos a fim de disponibilizar informações que permitam propor medidas adequadas de manejo para manter os ambientes aquáticos com qualidade ecológica (STRIEDER et al., 2003).

A avaliação da qualidade das águas numa bacia hidrográfica é de fundamental importância para assegurar o gerenciamento sustentado dos recursos hídricos e seus múltiplos usos. Existem diversas metodologias de avaliação das mudanças ocorridas nos cursos hídricos, dentre as quais se destacam as medidas de bioindicação e as técnicas utilizadas na determinação de índices de qualidade da água (IQA) com base em características físico-químicas e microbiológicas. Conforme Moulton (1998), os organismos vivos fornecem subsídios para avaliar a qualidade de recreação, estética e a integridade biológica dos ecossistemas aquáticos. Os macroinvertebrados bentônicos, com predominância de insetos, integram as condições ambientais durante períodos prolongados e estão expostos a todas as variações de parâmetros ambientais, fornecendo, portanto, uma resposta integrada que permite uma avaliação dos efeitos da poluição no ecossistema de uma maneira holística.

3.4.1. Índice de Qualidade da Água - IQA

A partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores “rating”. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. (CETESB 2015).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o Índice de Qualidade de Água (IQA) é calculado pelo produtório ponderado (w_i) das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, DBO5, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. É obtido através da Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

eq. (1)

Onde: IQA é o Índice de Qualidade da Água (número entre 0 e 100); q_i é a qualidade parâmetro i obtido através de uma curva média específica de qualidade, w_i o peso atribuído ao parâmetro em função da sua importância na qualidade e $n = 9$, número de parâmetros.

Para avaliação do IQA são utilizados os resultados das análises das amostras de água superficiais coletadas e classificadas, seguindo o protocolo de classificação utilizado pela CETESB (2012) que estabelece as categorias de ótima a péssima:

Quadro 2. Classificação do IQA	
Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < \text{IQA} \leq 100$
BOA	$51 < \text{IQA} \leq 79$
REGULAR	$36 < \text{IQA} \leq 51$
RUIM	$19 < \text{IQA} \leq 36$
PÉSSIMA	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br

3.5. Legislação Ambiental

A legislação ambiental no Brasil é uma das mais completas e avançadas do mundo. Criada com o intuito de proteger o meio ambiente e reduzir ao mínimo as consequências de ações devastadoras, seu cumprimento diz respeito tanto às pessoas físicas quanto às jurídicas.

Em 8 de janeiro de 1997, foi criada a Lei nº 9.433, mais conhecida como **Lei das Águas**, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH. (BRASIL, 1997).

A lei, no artigo 1º, elenca os principais fundamentos da Política Nacional. Ali há a compreensão de que a água é um bem público (não pode ser controlada por particulares) e recurso natural limitado, dotado de valor econômico, mas que deve priorizar o consumo humano e de animais, em especial em situações de escassez. A água deve ser gerida de forma a proporcionar usos múltiplos (abastecimento, energia, irrigação, indústria) e sustentáveis, e esta gestão deve se dar de forma descentralizada, com participação de usuários, da sociedade civil e do governo.

O artigo seguinte explicita seus objetivos: assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras, promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos (chuvas, secas e enchentes), sejam eles naturais ou decorrentes do mau uso dos recursos naturais.

O Estado de São Paulo foi pioneiro no Brasil sob o aspecto do controle da poluição das águas e também dos demais compartimentos como o ar e o solo. A partir do Decreto 8.468/1976 (que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente e de suas alterações) obtendo-se importantes avanços em termos de qualidade ambiental, pois, além de definir e proibir o lançamento de poluentes no ar, nas águas ou no solo, classificou as

águas, estabeleceu padrões de qualidade e fixou padrões de emissão de efluentes líquidos gerados por qualquer fonte poluidora (OLIVEIRA, 2017).

Nesse contexto, o decreto nº 10.755/1977 (que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto n.º 8.468/1976) estabeleceu a classe a todos os corpos hídricos do Estado de São Paulo, atribuindo classe III ao Rio Baquirivu-Guaçu em Guarulhos - SP e todos os seus efluentes (foz do corpo hídrico objeto de estudos dessa pesquisa) (OLIVEIRA, 2017).

Em esfera Federal, o órgão responsável pela classificação e legalização ambiental para os corpos d'água é o Conselho Nacional do Meio Ambiente - (CONAMA), a qual apresenta a classificações e diretrizes ambientais para enquadrar os corpos de águas superficiais, estabelecendo condições e padrões de lançamento de efluentes através da Resolução CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005.

A RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 além de classificar as águas no Brasil em doce (teor de sal $\leq 0,5\%$), salobras (teor de sal de $0,5\% - 30\%$) e salinas (teor de sal $> 30\%$), bem como as suas classes (5 classes para água doce e 4 para as demais), apresenta também, em seu Artigo 4º (BRASIL, 2005) os tipos de uso destinados classe a cada classe, sendo:

I - classe especial: águas destinadas: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

II - classe 1: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;

III - classe 2: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

IV – classe 3: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais;

V – classe 4: águas que podem ser destinadas: à navegação; e à harmonia paisagística.

Em destaque nessa pesquisa a classe 3 por ser a classificação estabelecida pelo Decreto 10.755/1997 ao Rio Baquirivu-Guaçu e a todos os seus efluentes, na qual, o corpo hídrico objeto de estudo dessa pesquisa (SÃO PAULO, 1997).

Com a seleção de vários parâmetros, a Resolução CONAMA 357 apresenta em seu Artigo 16º, inciso I os limites de concentrações para cada classe de água. A seguir (quadro 3), são apresentados os limites máximos ou mínimos de concentração para corpos hídricos de água doce para a classe 3, demonstrando apenas os parâmetros utilizados nessa pesquisa.

Quadro 3 - Limite dos parâmetros analisados para a classe 03 do CONAMA 357.

RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR LIMITE
Ph	6,0 a 9,0.
Oxigênio dissolvido – OD	Não inferior 4 mg/L O ₂ ;
Turbidez	Máx. 100 UNT;
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	Máx. 10 mg/L O ₂ ;
Fósforo Total (PT)	Máx 0,15 mg/L (corpo lóxico)
Sólidos totais	Máx 500 mg/L
Microbiológico – <i>Escherichia Coli</i>	Máx. 4000 coliformes termotolerantes / 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral.

Fonte: (BRASIL 2005)

Para essa pesquisa serão empregadas as seguintes legislações.

CONAMA 357/05 – Esta importante regulamentação classifica e Enquadra os Corpos d' Água e o Padrão de Lançamento de Efluentes e também classifica as águas doces, salobras

e salinas do Território Nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes.

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Decreto Estadual Nº 10.755/77 de São Paulo.

Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas (SÃO PAULO, 1997). O Ribeirão Guaraçau, fluente do Rio Baquirivú-Guaçu, de acordo com o decreto estadual é enquadrado na classe 3, cujos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

4. CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DE GUARULHOS

O município de Guarulhos, localizado na porção nordeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), é um dos 39 municípios que a integra e possui como limites os municípios de Arujá (leste), Itaquaquetuba (sudeste), Mairiporã (noroeste), Nazaré Paulista (norte), São Paulo (sul, sudoeste, oeste) e Santa Isabel (nordeste) (Figura 2). O município Guarulhos encontra-se na latitude do Trópico de Capricórnio, que passa na altura do km 215 da Rodovia Presidente Dutra, no bairro de Cumbica. Em termos hidrográficos, o município está dividido em cinco bacias, sendo a maior delas a Bacia Hidrográfica do Baquirivú-Guaçu (BHBG) com 149 Km² de área, o que representa 46,6% da área do município (ANDRADE et al., 2008). A Bacia Hidrográfica Ribeirão Guaraçau (BHRG) (Figura 2), situa-se integralmente no município de Guarulhos, abrangendo os bairros: Água Azul, Jardim Nova Bonsucesso, Jardim Ponte Alta, Mato das Cobras, Residencial Bambi e Vila Carmélia.

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do município de Guarulhos, lei nº 6.055 de 30 de dezembro de 2004, o município delimitou as zonas urbana e rural com vista à localização da população e das atividades. (PDMG, 2004).

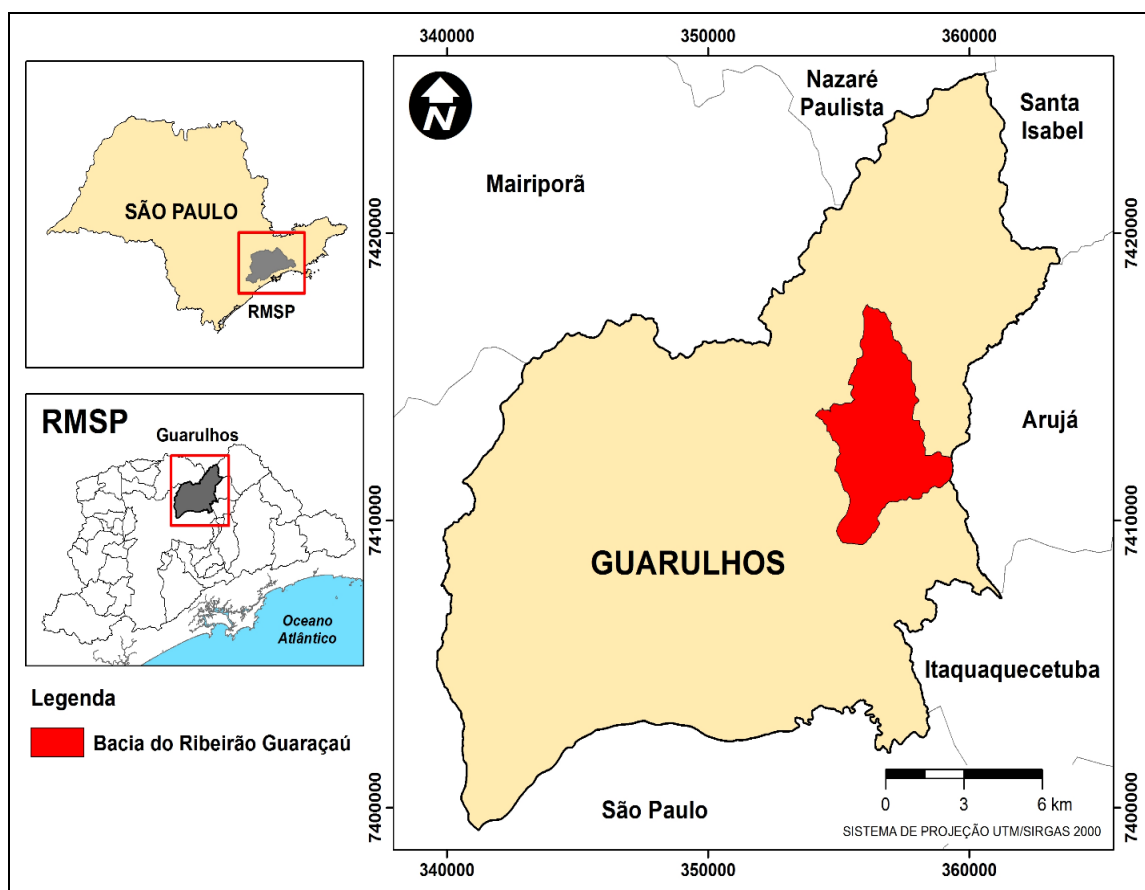
No que se refere ao meio físico, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau valem as seguintes considerações, de acordo com Ribeiro et al. (2013):

Nessa bacia destacam-se três compartimentos geomorfológicos predominantes: as planícies aluvionares constituídas de sedimentos quaternários na porção sul; as colinas

formadas por sedimentos terciários, na parte central; e os morros e montanhas constituídas por rochas metamórficas e ígneas pré-cambrianas na parte norte;

De um modo geral, possui uma rica rede de drenagem, coincidentes com as rochas cristalinas, caracterizada por um padrão de drenagem dentrítico, com canais encaixados, fortemente condicionados por estruturas tectônicas, com altas energias de escoamento, propiciando maiores condições de escoamento superficial. Na área sedimentar verifica-se padrão de drenagem subparalelo, com vales mais amplo e menor energia de escoamento, associado às rochas sedimentares e aluvionares.

Figura 2. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG), Guarulhos (SP).



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UnG.

Graças a diversos fatores, como forma de ocupação, políticas públicas e localização, Guarulhos tornou-se um centro estratégico de distribuição e logística para a economia não só da Região do Alto Tietê, como também de São Paulo e do País.

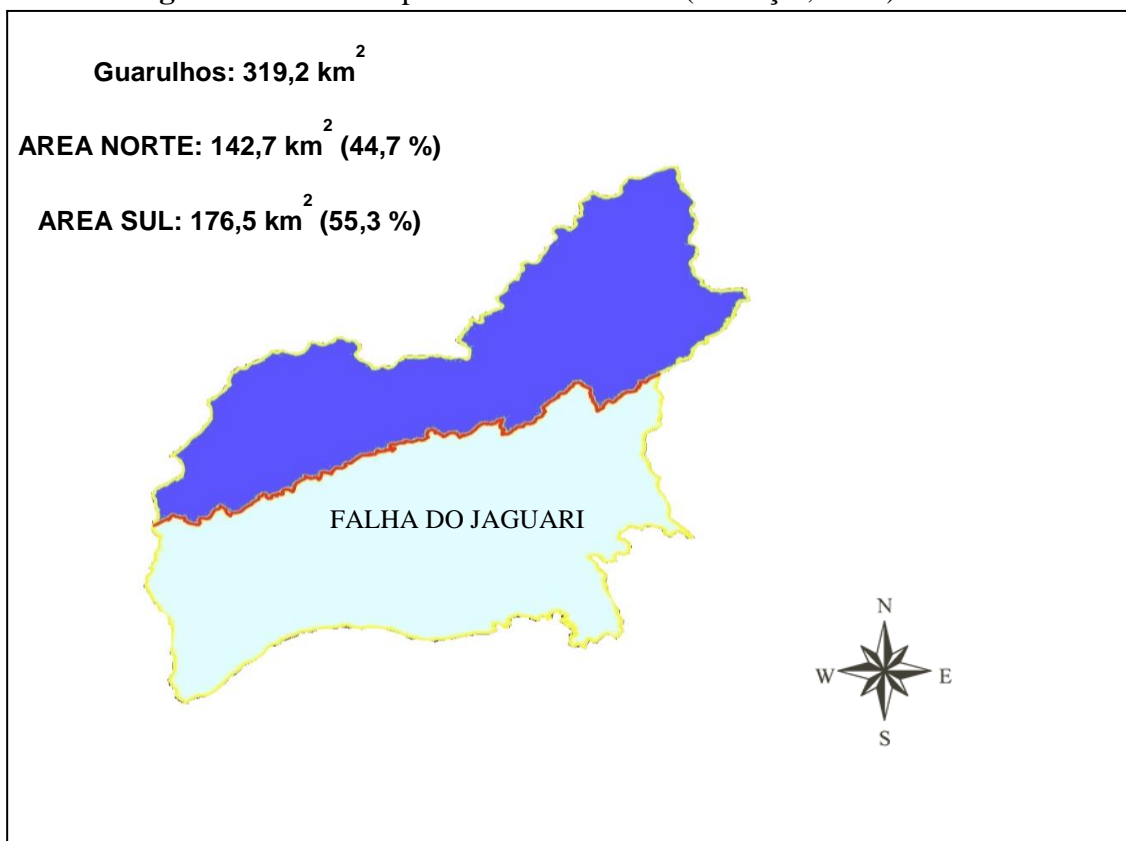
O município encontra-se estrategicamente localizado entre duas das principais rodovias nacionais: a Via Dutra, eixo de ligação São Paulo - Rio de Janeiro e Rodovia Fernão Dias, que liga São Paulo a Belo Horizonte. Conta ainda com a Rodovia Ayrton Senna, uma

das mais modernas do país, que facilita a ligação de São Paulo diretamente com o Aeroporto Internacional de Guarulhos e com o Porto de Santos, do qual dista 108 km. Há ainda em construção o trecho norte do Rodoanel Mário Covas.

4.1. Os macros compartimentos norte e sul de Guarulhos.

Graça (2007) dividiu o município de Guarulhos em dois macrocompartimentos, separados entre si pela Falha do Rio Jaguari, caracterizados por litologias, formas de relevo e hidrografia distintas (Figura 3).

Figura 3. Macrocompartimentos norte-sul (GRAÇA, 2007).



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UnG.

As características do meio físico da bacia do município de Guarulhos nos macrocompartimentos norte e sul estão descritas no quadro 4.

Quadro 4. Principais características do meio físico nos macrocompartimentos norte e sul de Guarulhos.

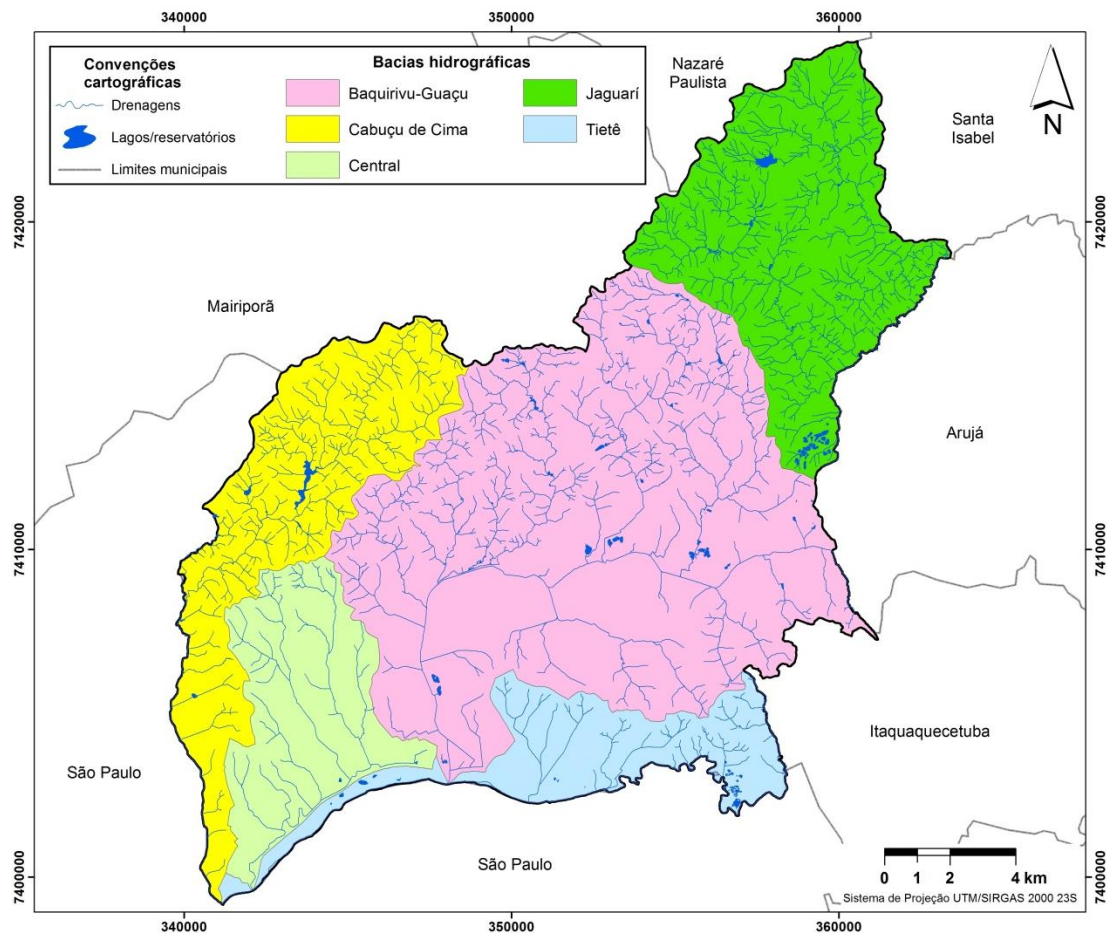
Macrocompartimentos	Litologias	Unidades de relevo	Drenagens	Sócio-econômico
Norte	Rochas metamórficas e ígneas, pré-cambrianas	Serras e morros altos e baixos	Padrão dendritico e altas densidades de drenagem	Área rural em desenvolvimento
Sul	Rochas sedimentares terciárias e quaternárias	Colinas e planícies fluviais	Padrão paralelo e baixas densidades de drenagem	Área urbana e industrial

Fonte: Ribeiro, 2016.

4.2. Hidrografia de Guarulhos

Guarulhos encontra-se inserido em duas grandes bacias hidrográficas: a do Alto Tietê e a do Paraíba dos Sul, sendo que a primeira ocupa 81% do município, com uma área de 259 km². Nela, verificam-se quatro bacias hidrográficas, das quais a do Baquirivu-Guaçu, com área aproximada de 149 km² (46,6% do território municipal), é a maior delas. Esta, por sua vez, é constituída por vários contribuintes, sendo que as localizadas em sua margem direita têm suas cabeceiras originadas em áreas de relevos mais dissecados e declivosos, com canais fluviais em padrão dentrítico, de acordo com Andrade et al. (2008). A BHRG é uma das 7 bacias inseridas na margem direita do Rio Baquirivu-Guaçu.

Figura 4. Mapa Hidrográfico de Guarulhos.



Fonte: Oliveira et al. (2008).

4.3. Clima

Guarulhos situa-se na transição entre duas grandes zonas climáticas do planeta, delimitadas pelo Trópico de Capricórnio: a Zona Tropical e a Zona Temperada.

A região de Guarulhos tem como característica predominante um domínio climático mesotérmico brando úmido, com um a dois meses secos. A temperatura média anual está entre 18°C e 19°C, sendo a média do mês mais frio inferior a 15°C, enquanto que nos meses de verão a média pode variar entre 23°C e 24°C. O índice pluviométrico está entre 1.250 e 1.500 mm/ano. Como característica básica, tem-se o inverno seco e o verão chuvoso, com influência de frentes frias antárticas e da umidade proveniente do oceano Atlântico.

O período chuvoso é marcado pela ocorrência de pancadas de chuvas que podem atingir valores superiores a 50 mm acumulados em uma hora, sendo frequente a ocorrência de

enchentes nestas ocasiões. Por outro lado, a umidade do ar pode atingir valores inferiores a 20%, em episódios problemáticos à saúde pública e risco de incêndios (ANDRADE et al., 2008).

4.4. Uso e ocupação da terra

Durante a transição do trabalho escravo para o trabalho “livre”, caracterizado pelo fim do tráfico de negros africanos e pela chegada dos imigrantes estrangeiros, Guarulhos reencontrou o seu espaço na economia paulista, com a produção em larga escala de tijolos, telhas, areia, verduras, lenha e frutas. A industrialização ganhou forte impulso no início do século XX, após as duas grandes guerras mundiais. Com exceção do primeiro momento da industrialização da cidade, quando foram edificadas as primeiras indústrias ao longo da Estrada de Ferro Tramway da Cantareira (1911 a 1946), a região da BHRG foi palco dos principais acontecimentos econômicos verificados no município. A partir do segundo momento da industrialização, a região passou a ser fortemente influenciada pelo setor fabril e pela consequente expansão urbana que modificou a paisagem natural (OMAR et al., 2010).

A expansão da urbanização na Região Metropolitana de São Paulo se dá sob a ótica quase que exclusiva das razões especulativas de mercado, que vêm ignorando as reais potencialidades e limitações das áreas a serem ocupadas (PRANDINI et al., 1995). Isto acaba determinando a ocupação inadequada de regiões e locais extremamente problemáticos, tais como áreas propícias ao desenvolvimento de escorregamentos ou erosões intensas, vertentes sujeitas à eclosão de boçorocas, áreas sujeitas a inundações, terrenos capazes de desenvolver subsidências e colapsos, áreas com nível d'água raso, etc.

As alterações potenciais do meio físico por processos tecnológicos precisam ser previstas no caso de projetos urbanísticos e na implantação de grandes infraestruturas (IPT, 1992). A organização do território exige um diagnóstico preliminar destinado a esclarecer a escolha do tipo de ocupação do solo compatível às limitações do meio (TRICART, 1977). Este conceito é fundamental para se planejar o desenvolvimento territorial de forma sustentável. A urbanização observada em Guarulhos traz no seu bojo um histórico alarmante de problemas geotécnicos onde são marcantes as consequências econômicas e impactos ambientais resultantes de loteamentos e condomínios com grandes dimensões, implantados sem os devidos critérios técnicos e em terrenos que apresentam condições de fragilidade natural a processos de degradação. Na periferia da urbanização mais consolidada, onde os remanescentes de terra são mais desvalorizados e há mais oferta de terrenos, pode-se observar a predominância de loteamentos ou ocupações implantadas em glebas com topografia

acidentada. Em muitos casos estas ocupações vão configurar verdadeiras áreas de risco geológico à erosão e aos escorregamentos (ANDRADE et al., 2008; MESQUITA, 2011; RIBEIRO et al., 2013).

4.5. Características do meio físico da BHRG

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau localiza-se na maior bacia hidrográfica do município de Guarulhos, e ocupa 46% dos 341 km² do território municipal.

Ela apresenta as seguintes características geométricas: área 20,5 km², comprimento de 8350m, largura máxima de 5600m, altitude máxima de 990m e Altitude mínima de 750m.

Os cursos e corpos d'água tributários do Ribeirão Guaraçau são: córrego Água Branca, Água Rasa, Aterrado e Mato das Cobras, ilustrados na figura 5.

Nessa bacia hidrográfica estão inseridos os bairros Água Azul, Jardim Nova Bonsucesso, Jardim Ponte Alta, Mato das Cobras, Residencial Bambi e Vila Carmela.

As principais vias de acesso são: Avenida Paschoal Thomeu (antiga Estrada Capuava), Estrada Albino Martello, Avenida Florestan Fernandes (antiga Estrada Mato das Cobras), Estrada Acácio Antônio Batista (antiga Estrada do Morro Grande), Avenida Armando Bei e Avenida José Rangel Filho.

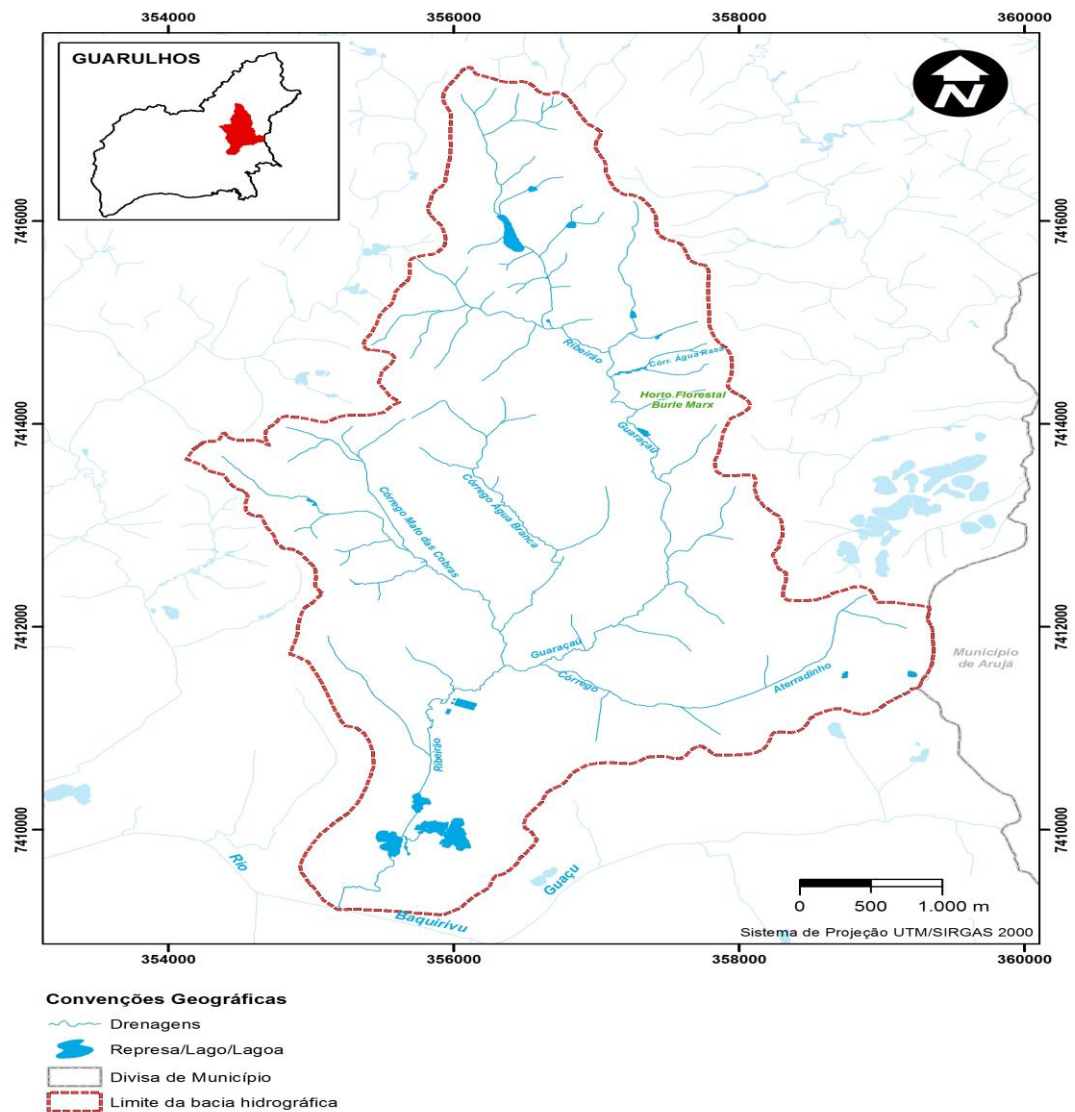
As formas de relevo e tipos litológicos presentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau estão sumarizadas no Quadro 5 de acordo com as zonas rural e urbana.

Quadro 5. Características do meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau

ZONA	CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	
	Formas de Relevo	Tipos Litológicos
RURAL	Montanhas e morros com cotas superiores a 1000m	Predomínio de rochas metamórficas (filitos; formação ferrífera); ígneas (granitos); sedimentos aluvionares localizados
	Morros altos com cotas superiores a 900m	
	Morrotes	
	Planícies fluviais restritas	
URBANA	Morros baixos	Metassedimentos (filitos).
	Morrotes	Sedimentos clásticos (arenitos grossos a finos; argilitos); sedimentos aluvionares.
	Colinas pequenas	
	Planícies fluviais amplas e restritas	

Fonte: Ribeiro et al., (2013)

Figura 5. Mapa Hidrográfico da BHRG.



Fonte: Ribeiro, 2016.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Pesquisa bibliográfica

Há uma gama enorme de estudos, trabalhos científicos e publicações voltadas às questões ambientais sobre o município de Guarulhos sendo que sobre a região norte aonde está inserido nossa área de estudo, diversas pesquisas foram realizadas: (JULIANI et al, 1993; GRAÇA, 2003; COUTINHO, SATO, OLIVEIRA, 2003; SANTOS, 2005; QUEIROZ, 2005; SAAD et al, 2007; ANDRADE e OLIVEIRA, 2008; GOMES, 2008; OLIVEIRA et al., 2009;

PIASANTIN et al. 2009).E mais especificamente sobre a mesma área de estudo, os trabalhos de MESQUITA, (2011) e RIBEIRO et al, (2013).

Os materiais utilizados na pesquisa foram disponibilizados pelos laboratórios de Sedimentologia, de Geoprocessamento e de Análise de Águas pertencentes ao curso de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade de Guarulhos (UNG).

5.2. Análise das águas

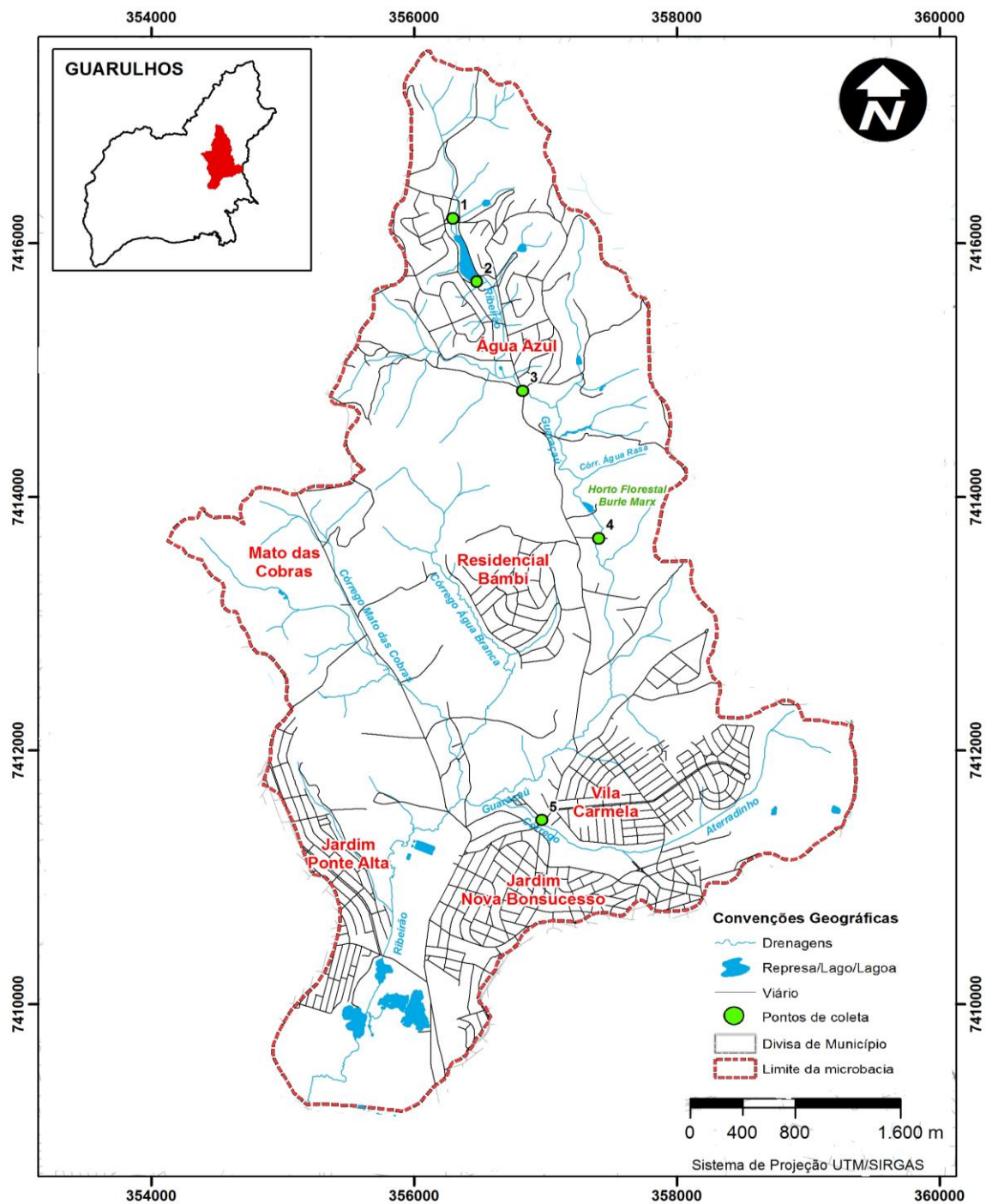
Foram selecionados 05 pontos para a coleta de amostra da água (figura 06), considerando-se basicamente a abrangência (dimensão da superfície drenada) e ocorrência de áreas diferenciadas quanto ao uso da terra. Com a análise temporal, procurou-se abranger um período que contemplasse os períodos secos e chuvosos nas quatro estações do ano.

As coordenadas dos pontos de coletas estão apresentadas no quadro 6.

Quadro 6: Coordenadas dos pontos de coleta.

Ponto	Coordenadas		Data das coletas
	Sul	Oeste	
			21/10/2015
1	23°21'26.93''	46°24'22.60''	03/12/2015
2	23°21'42.98''	46°24'16.55''	18/02/2016
3	23°22'14.45''	46°24' 3.95''	12/04/2016
4	23°22'50.74''	46°23'44.67''	21/06/2016
5	23°24' 3.14''	46°24' 0.82''	15/08/2016

Figura 6. Mapa da hidrografia, bairros e pontos de coleta da BHRG.



Fonte: Barros, 2017

Os materiais utilizados na análise da qualidade d'água, tais como os reagentes químicos (HCl, H₂SO₄, etc.), vidrarias de laboratório, equipamentos (espectrofotômetro, balança, estufa, banho-maria.), foram todos disponibilizados pelos laboratórios de Sedimentologia e Análise de Águas pertencentes ao curso de Mestrado em Análise Geoambiental.

As análises realizadas e seus métodos de análise encontram-se resumidos no Quadro 7. Parte das análises foi realizada em campo (pH, OD, TU, CE, T) e outra em laboratório (DBO, PT, ST e *E. coli*). As amostras foram coletadas de acordo com Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras (BRASIL, 2010), bem como os resultados avaliados mediante comparação com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Quadro 7. Métodos de análise utilizados para os parâmetros físico-químicos e microbiológico.

Parâmetro	Método de análise
PT	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 th Ed – método 4500-P E
<i>E. coli</i>	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 20 th Ed – método 9222
OD	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 20 th Ed – método 4500-O
DBO	Analisadores eletrônicos de DBO via método manométrico (VELP, 2016)
CE	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 20 th Ed – método 2510
TU	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 20 th Ed – método 2130
pH	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 20 th Ed – método 4500 H ⁺
ST	APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 20 th Ed – método 2540 B

5.3. Índice da Qualidade da Água modificado - IQAM

Para o cálculo do IQA desta pesquisa foram realizadas duas modificações após estudos prévios conduzidos na UnG na equação utilizada pela CETESB, onde não foram contemplados os parâmetros Temperatura e Nitrogênio Total. A Temperatura não foi utilizada devido às características da área de estudo, a variação deste atributo é mínima no decorrer das análises, diminuindo assim o seu grau de influência entre os pontos, sendo que, no próprio cálculo utilizado pela CETESB, sempre é considerada variação de temperatura igual a zero. Já o Nitrogênio Total não foi utilizado devido à ausência dos equipamentos necessários para a sua análise na universidade onde essa pesquisa foi realizada.

Para a composição do cálculo de Índice de Qualidade das Águas Modificado (IQAM) considerou-se os seguintes valores de contribuição para os atributos: pH (13%), OD (20%), DBO (15%), PT (15%), *E. Coli* (17%), TU (10%) e ST (10%). Sendo assim, utilizou-se 07 parâmetros ($n = 7$).

O cálculo final foi dado através da fórmula original do IQA, obtido pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, aplicando-se a seguinte fórmula apresentadas na equação 1 e equação 2.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Equação 1 - Fórmula do Índice de Qualidade das Águas Modificado - IQAM.

Sendo:

qi = quantidade de i-ésimo parâmetros, um número de 0 - 100, obtido da respectiva curva de variação de qualidade em função da concentração ou medida;

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, representado na equação 2 a seguir:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Equação 2 - Equação somatória dos pesos atribuídos aos parâmetros.

Onde:

n = número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Ribeiro (2016) realizou a comparação entre a equação IQA e a equação proposta IQAM, a qual não apresentou diferenças nos valores de classificação. Destacando, dessa forma, a confiabilidade dos pesos atribuídos a cada parâmetro.

5.4. Atualização do Mapa de uso da terra.

A delimitação da área da bacia foi efetuada através do método de demarcação das linhas de cumieira. O mesmo foi efetuado com base na interpretação das curvas de nível da base cartográfica da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA) na escala

1:10.000. Os procedimentos adotados foram baseados em Alves Sobrinho et al. (2010), no programa ArcGIS, versão 10 (ESRI, 2013).

O mapeamento de uso e ocupação da terra foi elaborado em duas etapas, na qual, a primeira é referente à fotointerpretação e reconhecimento dos elementos homogêneos da cobertura terrestre; a segunda corresponde ao mapeamento através da digitalização das camadas (layers) sobre a imagem orbital, que foi adquirida neste projeto.

Na etapa de fotointerpretação foi utilizado a técnica de Classificação Orientada ao Objeto (MYINT et al., 2011), técnica de Sensoriamento Remoto onde os aspectos visuais dos objetos são identificados e reconhecidos considerando como parâmetros: cor, textura, geometria (forma), tamanho, orientação e distribuição espacial. Diante do reconhecimento dos objetos foi adotado uma subdivisão hierárquica na etapa de classificação, com base na composição dos objetos e pela função destes no espaço. Conforme critérios apontados por Tominaga et al. (2004), as áreas urbanas serão analisadas em seu estágio de ocupação (nível de consolidação).

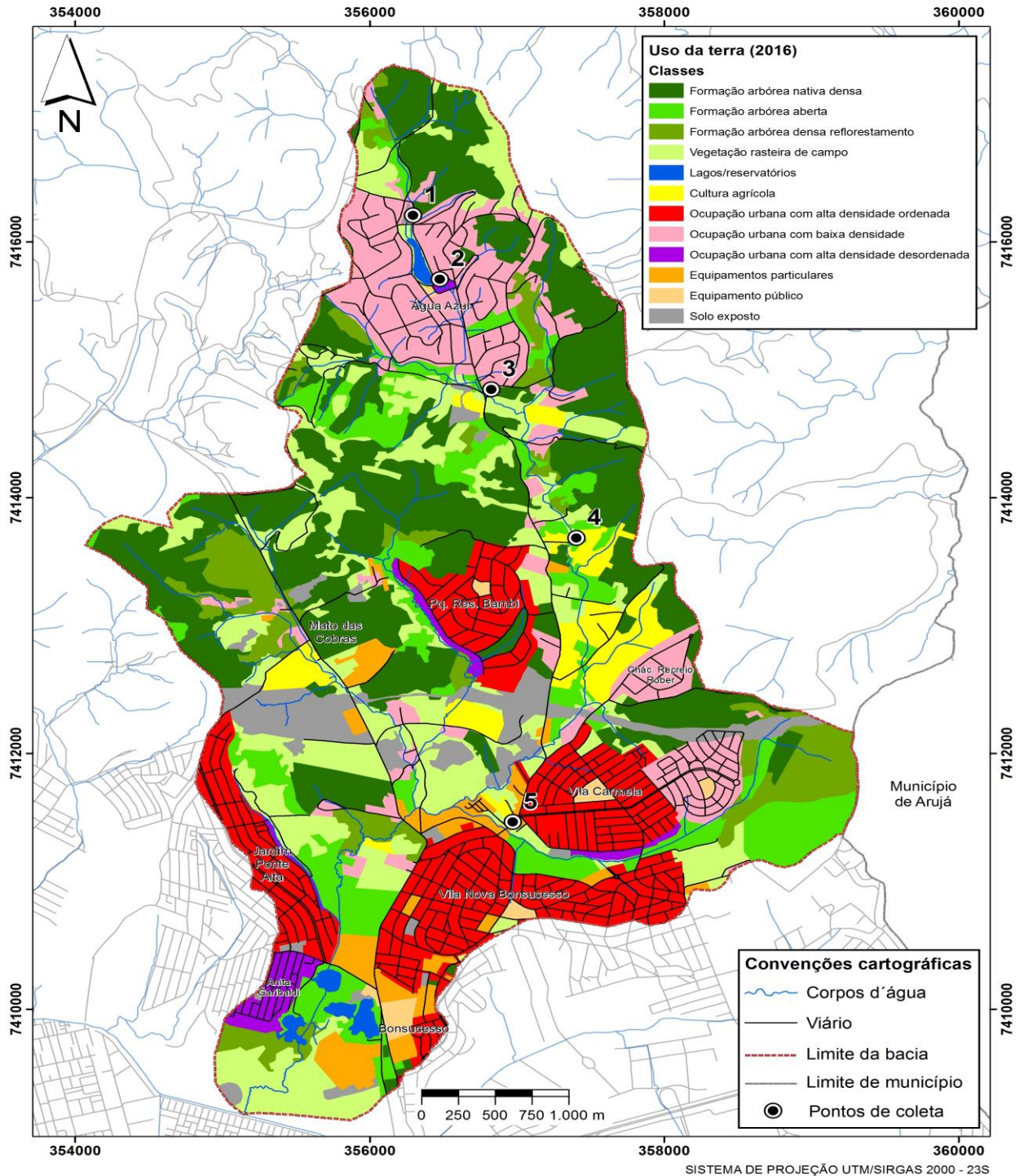
Todo processo foi desenvolvido no programa ArcGIS, versão 10 (ESRI, 2013). Na elaboração do mapa de declividade foi utilizada a extensão TIN (Triangulated Irregular Network), que consiste de um modelo digital criado a partir de curvas, neste projeto foi utilizada a escala 1:10.000. A partir do arquivo elaborado pela técnica de TIN foi desenvolvido o Modelo Digital de Terreno (MDT) da área de estudo a partir da extensão TIN to raster.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Cobertura e uso da terra na BHRG

Através da elaboração do mapa de uso da terra estabelecendo divisões de subclasses propostas no manual IBGE (2013) foi possível obter 12 classificações. (figura 7).

Figura 7. Mapa de uso da terra e pontos de coleta da BHRG.



Fonte: Mapa atualizado de Ribeiro et al. 2013.

Em relação ao tipo de uso e cobertura da terra na BHRG, a porção norte apresenta usos e coberturas bastante diversificadas, podendo destacar, entre os diferentes tipos, a predominância das áreas de vegetações naturais e antrópicas, como matas densas, áreas de campos, pastagem, de reflorestamento com o uso de eucaliptos e outras coberturas (figura 8);

Áreas com ocupações residenciais já consolidadas (figura 9) e constatando ainda áreas com características rurais onde se evidencia a presença de sítios e chácara com plantações de hortaliças (figura 10) e áreas com intenso processo de modificação decorrente da instalação do trecho norte do anel viário Mario Covas (figura 11).

Já a porção sul da BHRG, em sua maior totalidade apresenta uso urbano residencial, com poucos fragmentos de vegetação, onde em sua maioria, restringem as margens do corpo hídrico (MESQUITA, 2011; RIBEIRO et al., 2013).

Figura 8. Diversidade de vegetação na Bacia Hidrográfica Guaraçau.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

Figura 9. Áreas com urbanização já consolidada ao longo da Bacia.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

Figura 10. Áreas de agricultura.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

Figura 11. Obras do Rodoanel Mário Covas.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

6.2. Características dos locais de coleta

O ponto P1 (figura 12), trata-se do local de coleta mais a montante no Ribeirão Guaraçau, na porção norte, e com área de maior presença de vegetação (mata). No local está a entrada para formação de um lago artificial utilizado para recreação. Antiga cava de mineiração (MESQUITA, 1998).

Figura 12. Ponto de coleta P1 junto a estrada de terra em meio a vegetação.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

Tabela 1 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P1.

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Limite CONAMA
Temperatura (°C)	18,5	4,2	-
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,1	0,4	6,0 - 9,0
Condutividade (µS/cm)	83	24	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,6	1,4	≥ 4,0
Turbidez (UNT)	10	15	≤ 100
<i>Escherichia coli</i>	3,94E+03	1,8E+03	-
DBO (mgO ₂ /L)	7	3	≤ 10
Fósforo Totais (mg/L)	0,117	0,197	≤ 0,05
Sólidos Totais	193	139	≤ 500

O ponto de coleta P2 (figura 13) está na vazante do lago artificial já com características rurais e urbanas em um bairro conhecido como Agua Azul.

Figura 13. P2 - Largo artificial (a esquerda) e construções de moradia em seu entorno.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017

Tabela 2 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P2.

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Limite CONAMA
Temperatura (°C)	20,9	4,3	-
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,9	0,4	6,0 - 9,0
Condutividade (µS/cm)	138	23	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,1	3,0	≥ 4,0
Turbidez (UNT)	22	20	≤ 100
<i>Escherichia coli</i>	5,22E+03	3,4E+03	-

DBO (mgO₂/L)	11	7	≤ 10
Fósforo Totais (mg/L)	0,123	0,285	≤ 0,05
Sólidos Totais	213	168	≤ 500

O ponto P3 (figura 14) fica a jusante do bairro Agua Azul e no início de uma grande área de vegetação rasteira (campo), evidencia-se significativas interferências de uso antrópico através da observação de lixo jogado em suas margens (plástico e pneu).

Figura 14. Corpo hídrico com a presença de lixo. P3.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017

Tabela 3 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P3.

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Limite CONAMA
Temperatura (°C)	20,7	4,0	-
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,3	0,8	6,0 - 9,0
Condutividade (µS/cm)	242	107	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,4	3,8	≥ 4,0
Turbidez (UNT)	30	11	≤ 100

Escherichia coli	4,56E+05	9,34E+05	-
DBO (mgO2/L)	23	13	≤ 10
Fósforo Totais (mg/L)	1,876	2,100	≤ 0,05
Sólidos Totais	700	765	≤ 500

O ponto P4 localiza-se em uma região com forte dominância de uso agrícola quase sem moradia, e também está próximo de uma área preservada onde está localizado o Horto Florestal (Figura 15).

Figura 15. Localização do P4. Forte predominância de áreas agrícolas.



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

Tabela 4 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P4.

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Limite CONAMA
Temperatura (°C)	19,5	4,2	-
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,5	0,6	6,0 - 9,0
Condutividade (µS/cm)	860	415	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,0	2,2	≥ 4,0
Turbidez (UNT)	14	10	≤ 100
Escherichia coli	6,58E+05	9,53E+05	-
DBO (mgO2/L)	10	6	≤ 10
Fósforo Totais (mg/L)	2,535	1,584	≤ 0,05
Sólidos Totais	660	327	≤ 500

O ponto P5 situa-se na Estrada do Morro Grande. Nesse ponto, prevalece o uso urbano residencial, comercial e industrial já consolidado, com uma deterioração bastante acentuada do corpo hídrico em função do lançamento de esgotos sanitários em natura e lixo. A figura 16 ilustra as características desse local.

Figura 16. Ribeirão Guaraçau na Estrada Acácio Antônio Batista (antiga Estrada do Morro Grande).



Fonte: foto do autor, 28 de maio de 2017.

Tabela 5 - Resultado dos parâmetros analisados no ponto P5.

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Limite CONAMA
Temperatura (°C)	21,8	4,0	-
Potencial Hidrogeniônico (pH)	7,0	0,7	6,0 - 9,0
Condutividade (µS/cm)	671	235	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1,0	0,7	≥ 4,0
Turbidez (UNT)	206	204	≤ 100
Escherichia coli	1,84E+07	1,91E+07	-
DBO (mgO₂/L)	145	73	≤ 10
Fósforo Totais (mg/L)	4,840	3,566	≤ 0,05
Sólidos Totais	1254	1907	≤ 500

A discussão dos resultados encontra-se na forma de artigo apresentada a seguir.

ARTIGO: REFLEXOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GUARAÇAU - GUARULHOS (SP)

WATER QUALITY AS AN INDICATOR OF LAND USE AND OCCUPATION: RIBEIRÃO GUARAÇAU BASIN - GUARULHOS (SP)

RESUMO

O processo de urbanização pelo que vem passando os grandes centros urbanos tem afetado de forma bastante drástica a quantidade, e principalmente a qualidade das águas. Diante da crise hídrica que ocorreu entre 2014 e 2016 na região Sudeste do Brasil, o município de Guarulhos pode contribuir de maneira mais efetiva na produção de uma água de qualidade. O presente trabalho tem como objetivo correlacionar as mudanças espaço-temporais do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG), Guarulhos (SP), com os parâmetros físico-químicos e microbiológico da qualidade de suas águas. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológica num período de doze meses em cinco pontos de coleta ao longo da BHRG. A qualidade da água foi avaliada através do Índice de Qualidade de Água (IQA). A partir da determinação do IQA, observou-se uma qualidade de água Boa apenas no ponto próximo à nascente do Ribeirão Guaraçau. A qualidade da água apresentou queda ao passar para pontos de maior ocupação urbana, sendo que o ponto P2 apresentou qualidade média Regular, os pontos P3 e P4, qualidade média Ruim, e o ponto P5 próximo ao exutório, uma qualidade Péssima. De acordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05, para corpos hídricos de classe 3, vários foram os parâmetros físico-químicos e microbiológico que ficaram fora do limite estabelecido. Medidas preventivas, tais como proteção e recuperação das matas, a coleta e tratamento do esgoto nas áreas urbanas ao longo da bacia e orientações aos produtores agrícolas quanto ao uso consciente de fertilizantes e agrotóxicos certamente auxiliarão em uma melhora significativa da qualidade da água da BHRG.

Palavras-Chave: Poluição hídrica; Uso e ocupação da terra; Guarulhos.

ABSTRACT

The urbanization process that has been passing through the major urban centers has drastically affected the quantity, and especially the water quality. Faced with the water crisis that occurred between 2014 and 2016 in the Southeast region of Brazil, the municipality of Guarulhos can contribute more effectively to the quality water production. The present work aims to correlate the spatial and temporal changes of land use and coverage in the Ribeirão Guaraçau Watershed (RGW), Guarulhos (SP), with the physical-chemical and microbiological parameters of the water quality. These analyzes were performed in a period of twelve months at five collection points along the RGW. Water quality was assessed using the Water Quality Index (WQI). From the determination of WQI, a water quality was observed only at the point near the source of Guaraçau stream. The water quality showed a drop when passing to points of greater urban occupation, where the P2 point presented average quality, P3 and P4, Bad quality, and the P5 point near the exudation, a poor quality. According to the limits established by CONAMA 357/05, for water bodies of class 3, several physical-chemical and microbiological parameters were outside the established limit. Preventive measures such as protection and recovery of forests, collection and sewage treatment in urban areas along the river watershed, and guidance to farmers on the conscious use of fertilizers and agrochemicals will certainly help in a significant improvement in RGW water quality.

Keywords: Water pollution. Use and occupation of land; Guarulhos.

INTRODUÇÃO

A histórica crise hídrica ocorrida nos anos de 2013, 2014 e parte de 2015, em especial no sistema Cantareira, um dos principais mananciais de abastecimento da região metropolitana de São Paulo, reforçou a importância da identificação e monitoramento das frágeis áreas de mananciais, fundamentais ao equilíbrio ecológico e ao abastecimento humano (MARENGO et al., 2015).

Dos elementos naturais que o ser humano dispõe, a água aparece como indispensável para sobrevivência. Nas diversas atividades realizadas na superfície da terra, a água é necessária e por isso é cada vez maior a preocupação com a sua qualidade, uma vez que devido às suas propriedades de solvente e a sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas. Pode-se dizer que a qualidade da água está diretamente ligada às condições de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica (SPERLING, 2005). Portanto, a água pode ser utilizada como um geoindicador sobre a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica,

O uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica é um fator determinante na degradação ambiental das águas, pois é a partir dele que serão definidos os usos prioritários da bacia. Contudo, as formas de uso da água nem sempre vem adequadas a um planejamento de uso e cobertura da terra e por isso tende à depredação frente à expansão e desenvolvimento urbano.

Assim, esta dinâmica de urbanização nas regiões periféricas, através da ocupação ilegal e predatória de terra urbana, faz com que grande parte das áreas urbanas de risco e proteção ambiental, tais como as margens dos cursos d'água, esteja ameaçada pelas ocupações precárias de uso habitacional de baixa renda, por absoluta falta de alternativas habitacionais, seja via mercado privado, seja via políticas públicas sociais (MARICATO, 2003).

De fato, o nível dos problemas sociais e ambientais de determinadas áreas é impressionante, superpondo, em termos espaciais (e sociais), os piores indicadores socioeconômicos com riscos de enchentes e deslizamentos de terra, um ambiente intensamente poluído e serviços públicos extremamente ineficientes (TORRES; MARQUES, 2001).

Em Guarulhos, localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a poluição dos recursos hídricos é visível, principalmente nos cursos d'água que cortam o meio urbano. O crescimento urbano desordenado da cidade retrata fielmente as pesquisas supracitadas. Excesso de submoradias em áreas de risco expõem parcelas significativas da população a

perigos que não se tem controle e nem recursos para sua mitigação. O deslocamento da mancha urbana em direção a porção norte do município observado em mapas temporais elaborados a partir de fotos de satélites, põe em evidência o conflito de interesses e a falta de controle na forma de uso e ocupação da terra por se tratar de área de mananciais e de proteção ambiental definido legalmente através do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, como Parque Estadual da Serra da Cantareira. Ocupações subnormais em áreas invadidas, terrenos de baixo valor, com alta declividade, aonde falta coleta de esgotos, de resíduos sólidos, transporte, saúde, educação e infraestruturas adequadas nos remete para análise da degradação ambiental dos recursos naturais.

Diante deste cenário, o presente trabalho visa analisar as mudanças espaço-temporais do uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG) relacionando a qualidade da água com a degradação ambiental dos recursos naturais.

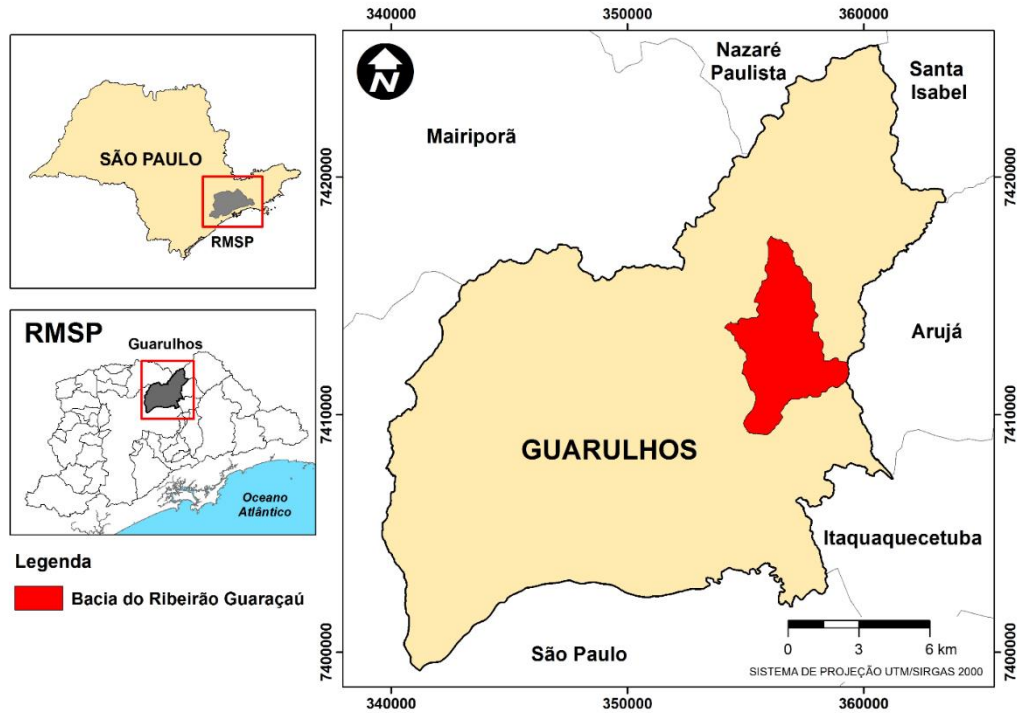
1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1. Localização e características da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG), Figura 1, encontra-se na sua totalidade dentro do município de Guarulhos, e este por sua vez, localiza-se no setor norte da Região Metropolitana de São Paulo, distando, aproximadamente, 17 km da capital. Tem como limites os municípios de Arujá (leste), Itaquaquecetuba (sudeste), Mairiporã (noroeste), Nazaré Paulista (norte), São Paulo (sul e oeste) e Santa Isabel (nordeste).

O município caracteriza-se por um clima sub-tropical úmido com chuvas médias anuais de 1470mm. Os índices pluviométricos anuais na região foram 1897 mm para 2015 e 1570 mm para 2016 (INMET, 2016). As temperaturas anuais médias nos meses mais frios ficam entre 17°C e 19°C, já para o período de verão, as temperaturas anuais médias variam entre 23°C e 24°C (OLIVEIRA et al., 2009). Em termos hidrográficos, o município está dividido em cinco bacias, sendo a maior delas a Bacia Hidrográfica do Baquirivu-Guaçu (BHBG) com 149 Km² de área, na qual a área de estudo encontra-se inserida.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG), Guarulhos (SP).



Fonte: Lab. Geoprocessamento UnG

A BHRG possui como características geométricas, área de 20,5 km² comprimento de 8350m, largura máxima de 5600 m, altitude máxima de 990 m e altitude mínima de 750 m (RIBEIRO et al., 2013). As formas de relevo e os tipos litológicos presentes na BHRG estão sumarizadas no Quadro 1.

Quadro 1. Características do meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau

ZONA	CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	
	Formas de Relevo	Tipos Litológicos
RURAL	Montanhas e morros com cotas superiores a 1000m	Predomínio de rochas metamórficas (filitos; formação ferrífera); ígneas (granitos); sedimentos aluvionares localizados
	Morros altos com cotas superiores a 900m	
	Morrotos	
	Planícies fluviais restritas	
URBANA	Morros baixos	Metassedimentos (filitos).
	Morrotos	Sedimentos clásticos (arenitos grossos a finos; argilitos); sedimentos aluvionares.
	Colinas pequenas	
	Planícies fluviais amplas e restritas	

Fonte: Ribeiro et al., (2013)

1.2. Elaboração do Mapa de uso e ocupação da terra

O mapeamento de uso e ocupação da terra foi elaborado em duas etapas, na qual, a primeira é referente à fotointerpretação e reconhecimento dos elementos homogêneos da cobertura terrestre; a segunda corresponde ao mapeamento através da digitalização das camadas (layers) sobre a imagem orbital.

A etapa de fotointerpretação baseou-se na identificação de aspectos visuais dos objetos observados que permite os reconhecer e identificá-los. Foram considerados então parâmetros como cor, textura, geometria (forma), tamanho, orientação e distribuição espacial em especial. Os objetos foram avaliados quanto ao padrão da ocupação através dos parâmetros relativos à densidade da ocupação (quantidade de lotes por unidade de área), ordenamento (disposição de ruas, quadras e lotes) e estágio da ocupação (nível de consolidação), conforme critérios apontados por Tominaga et al. (2004).

O mapeamento a partir da digitalização sobre o banco de dados digital foi feito através do módulo de edição de polígonos. Considerando a escala do projeto (1:10.000), os polígonos mínimos foram definidos com uma dimensão de 50 x 50 metros (5x5mm), adotando-se o critério exposto pelo IBGE (2013). Todo processo foi desenvolvido no programa ArcGIS, versão 10 (ESRI, 2013)

1.3. Delineamento experimental para coleta e análise das águas

Para avaliação da qualidade da água ao longo do Ribeirão Guaraçau foram selecionados cinco pontos (P1 a P5), sendo realizadas seis coletas bimestrais no período de setembro de 2015 a agosto de 2016. A seleção da localização dos pontos de coletas (Figura 2) foi fundamentada considerando-se a dimensão da superfície drenada e ocorrência de regiões diferenciadas quanto aos tipos de uso da terra, sendo que os pontos P1 a P4 localizam-se em área com predomínio de zona rural e o ponto P5 com características de zona urbana. O ponto P1 (23°21'26.93''S e 46°24'22.60''W) localiza-se em uma área mais preservada, com predomínio de formação arbórea. O ponto P2 (23°21'42.98''S e 46°24'16.55''W) localiza-se na saída do Lago Azul. O ponto P3 (23°22'14.45''S e 46°24' 3.95''W) localiza-se na porção norte da bacia hidrográfica e recebe a influência de diversas residências no bairro Água Azul, onde inclusive existe a presença de uma área de ocupação urbana desordenada de alta densidade (favela) sem coleta de esgoto. O ponto P4 (23°22'50.74''S e 46°23'44.67''W) localiza-se em área agrícola, com predomínio de área vegetada em seu entorno, mas que já

traz contribuições dos pontos anteriores. O ponto P5 (23°24' 3.14''S e 46°24' 0.82''W) localiza-se em área de ocupação urbana ordenada com alta densidade.

No campo foram realizadas análises das águas através de instrumentos analíticos devidamente calibrados e com medições em triplicata para os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura (T) (através do aparelho condutivímetro Digimed DM-3), pH (pHmetro Digimed DM-2), condutividade (CE) (Condutivímetro Digimed DM-3), oxigênio dissolvido (OD) (Oxímetro Digimed DM-4), turbidez (TU) (Turbidímetro Quimis Q279P). No laboratório foram realizadas as análises de fósforo total (PT), sólidos totais (ST) e *Escherichia coli* (*E. coli*) segundo *Standard Methods for examinations of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), foram utilizados analisadores eletrônicos de DBO via método manométrico (VELP, 2016).

Os resultados destas análises foram avaliados mediante comparação com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). De acordo com Decreto Estadual nº 10.755 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água receptores no Estado de São Paulo, na classificação prevista no Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, o Rio Baquirivu Guaçu e todos os seus afluentes, até a confluência com o Rio Tietê, no Município de Guarulhos foram enquadrados na classe 3 (SÃO PAULO, 1977).

1.4. Índice da Qualidade da Água Modificado - IQAM

Aos dados de qualidade de água foi aplicado o Índice de Qualidade da Água modificado (IQAm) em relação ao cálculo do utilizado pela CETESB (RIBEIRO, 2016). Para a composição do cálculo do Índice de Qualidade das Águas Modificado (IQAM), ilustrado na equação 1, são considerados os seguintes valores de contribuição para os atributos: pH (13%), OD (20%), DBO (15%), PT (15%), *E. coli* (17%), TU (10%) e ST (10%), totalizando 7 parâmetros ($n = 7$).

$$IQAm = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (\text{Equação.01})$$

Onde:

IQAm: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

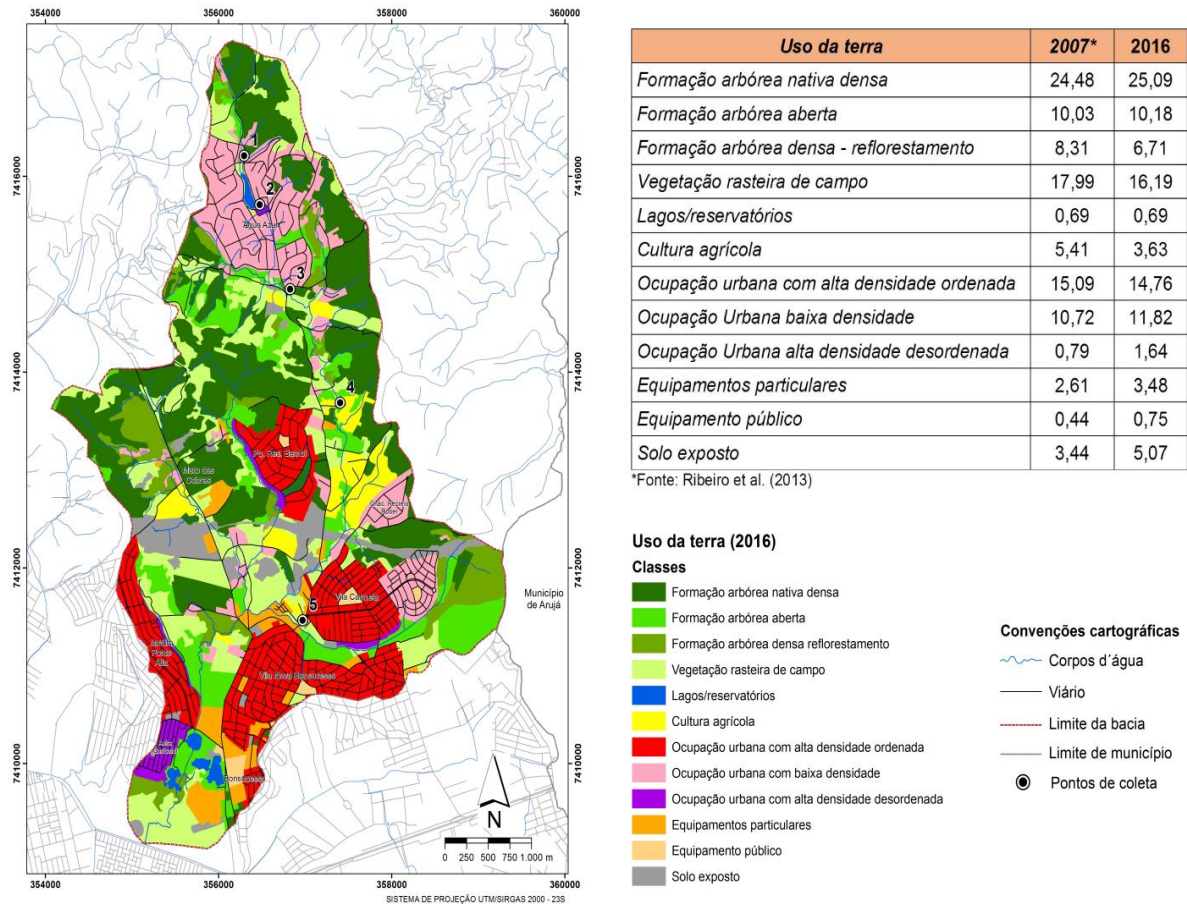
wi: peso correspondente ao i-ésimo

Os critérios de classificação da qualidade da água analisado para as águas da BHCT através do IQAM foram os mesmos utilizados pela CETESB, sendo o valor do IQA um número que varia de 0 e 100, apresentando as seguintes categorias: Ótima ($79 < \text{IQA} \leq 100$); Boa ($51 < \text{IQA} \leq 79$); Regular ($36 < \text{IQA} \leq 51$); Ruim ($19 < \text{IQA} \leq 36$) e, Péssima ($\text{IQA} \leq 19$) (CETESB, 2017).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia Hidrográfica Ribeirão Guaraçau (BHRG) contempla zonas tanto com características rurais quanto urbanas. Do ponto P1 ao ponto P4 existe um predomínio de formação arbórea e vegetação rasteira, ocupações urbanas de baixa densidade, o que caracteriza a região como área rural (Figura 2). A zona urbana consolidada ocupa predominantemente a porção sul da bacia. No entorno do ponto P5, último ponto de coleta no Ribeirão Guaraçau, existe a presença de ocupações urbanas ordenadas com alta densidade, características essencialmente urbanas. Ao longo dos últimos dez anos, a BHRG sofreu pequenas alterações quanto à sua ocupação (Figura 2) no período de 2007 a 2016. Um ponto negativo, é que neste período, apesar de as ocupações desordenadas de alta densidade (favela) contribuírem com uma pequena porcentagem, houve um aumento de aproximadamente 108% para essa classe, distribuídos ao longo da BHRG, desde sua área rural até a área urbana. O aumento dessas áreas sem coleta de esgoto, conduz a uma piora na qualidade dos corpos hídricos da bacia hidrográfica. Outra alteração relevante para a qualidade da água foi a redução em 33% nas áreas de cultura agrícola. A partir do mapa de uso e ocupação da terra, observa-se que a maioria das culturas agrícolas em 2007, relatadas por Ribeiro et al. (2013) foram substituídas por vegetação rasteira de campo, apesar disto não refletir em um aumento desta última classe, devido ao aumento de 10% das ocupações urbanas de baixa densidade na região rural nestas áreas com vegetação rasteira.

Figura 2. Mapa de uso e ocupação da terra em 2016 com localização dos pontos de coleta de amostras de água e classes de uso da terra com suas porcentagens (%) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau (BHRG) em 2007 e 2016.

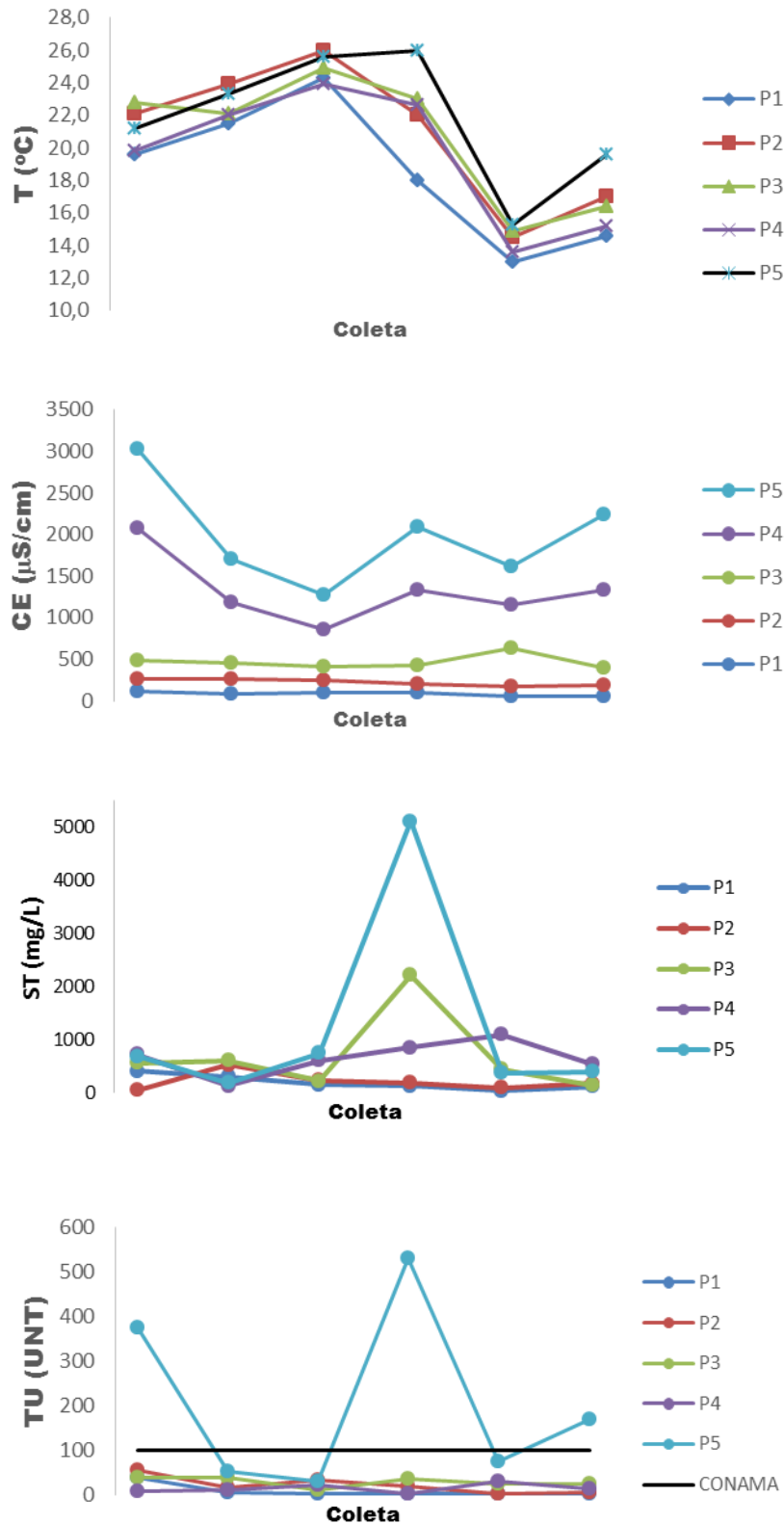


Fonte: Lab. Geoprocessamento UnG, 2016.

Os resultados dos parâmetros físicos de temperatura (T), condutividade (CE), turbidez (TU) e sólidos totais (ST) para os cinco pontos do córrego Guaraçau para as seis coletas realizadas entre setembro de 2015 a agosto de 2016 estão apresentados na Figura 3.

O comportamento da temperatura das águas variou de acordo com a sua ocupação no seu entorno, sendo o ponto P1 de menor valor, refere-se a uma área mais vegetada, e o ponto P5 o maior valor médio por se localizar uma área urbana. Diversos estudos indicam que a presença de área vegetada no entorno do corpo hídrico faz com que as temperaturas das águas fiquem menores, e por sua vez, áreas mais urbanizadas, com pouca vegetação, aumentem a temperatura da água de maneira significativa (FIA et al., 2015; VARGAS et al., 2015; DE FREITAS PEREIRA et al., 2016; DE PAULA CARVALHO et al., 2016).

Figura 3. Valores das medidas físicas de temperatura (T), condutividade (CE), sólidos totais (ST) e turbidez (TU) do córrego Guaraçau para os cinco pontos de coleta no período de set/15 a ago/16.



Os valores de turbidez dos pontos P1 a P4 se apresentaram abaixo do limite máximo estabelecido pelo CONAMA 357/05, no entanto, a turbidez do ponto P5 apresentou valores acima do limite estabelecido, devido a presença de esgoto doméstico e de indústrias químicas na região que lançam seus efluentes nas águas do Ribeirão Guaraçau. Os maiores valores de turbidez foram encontrados no período chuvoso, conforme também observado por Sardinha et al. (2008), Ríos-Villamizar et al., (2011), Fia et al. (2015) e Andrietti et al. (2016). Neste período, ocorre o arraste de sólidos em suspensão através dos processos de escoamento superficial, principalmente em regiões com solos expostos nas proximidades dos corpos hídricos.

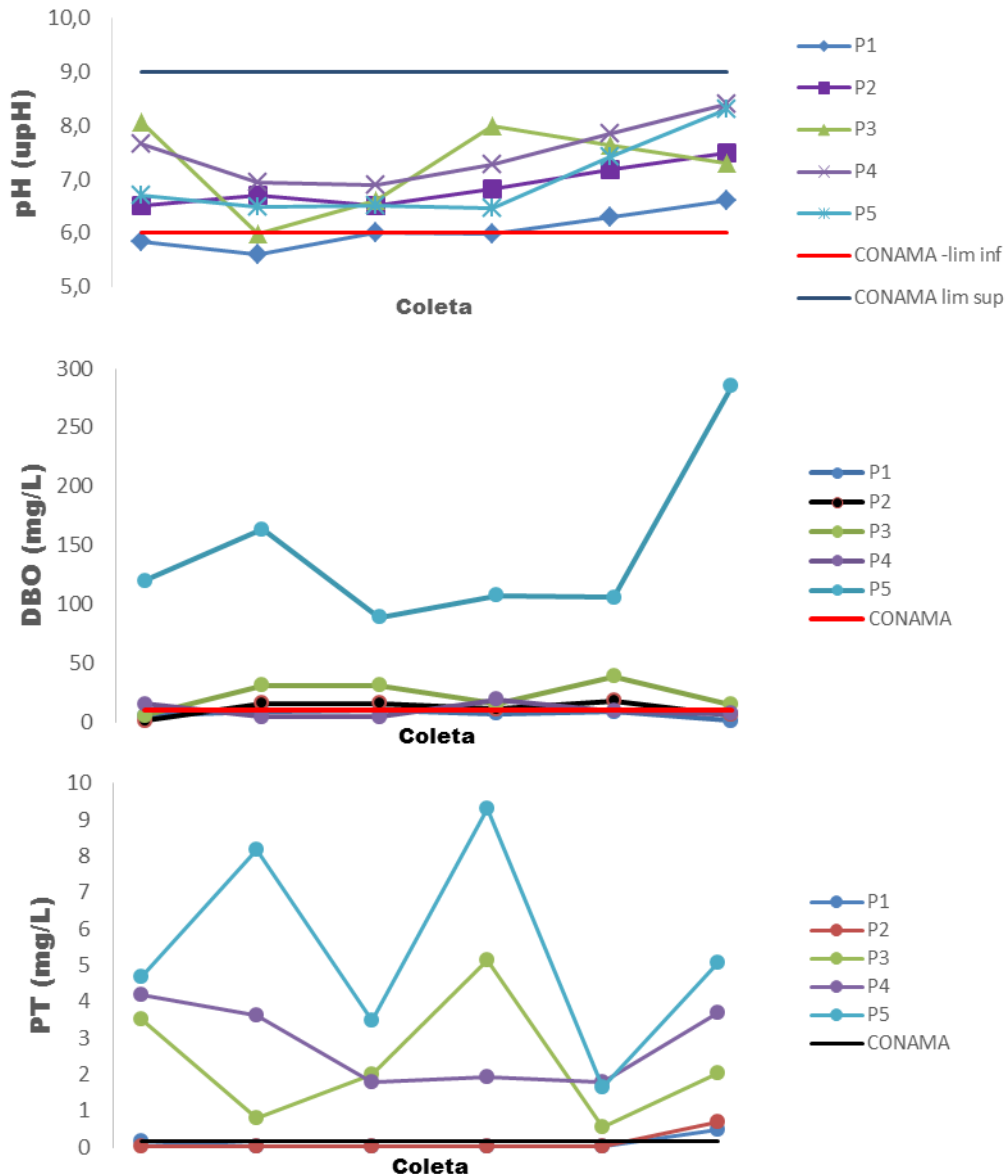
Inúmeros trabalhos têm relatado o uso da condutividade elétrica nos estudos de impacto de poluentes no ambiente aquático, tanto em rios (UWIDIA e UKULU, 2013; THOMPSON et al., 2012; VARGAS et al., 2015) quanto em lagos (DAS et al., 2006; COSTA; HENRY, 2010). Cada região apresenta uma água com condutividade elétrica característica, dependendo principalmente dos tipos de rochas pelo qual ela permeia (TONG; CHEN, 2002). Os valores de condutividade dos pontos P1 a P5 (Figura 3) apresentaram um aumento crescente dos seus valores, indicando um aumento da concentração de íons de montante à jusante. Um ponto que merece ser destacado é o elevado valor da condutividade ($860 \mu\text{S}/\text{cm}$) do ponto P4 localizado numa área agrícola. O uso de fertilizantes na forma de sais inorgânicos de nitrogênio e fósforo fazem com que a condutividade aumente significativamente neste ponto. A contribuição de outros corpos hídricos entre o ponto P4 e P5, através do processo de diluição faz com que os valores de condutividade diminuam no ponto P5 ($671 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Vargas et al. (2015) observaram resultados similares na elevação dos valores de condutividade elétrica das águas do Córrego Taquara do Reino, na bacia hidrográfica de mesmo nome e localizada ao norte do município de Guarulhos. Segundo os autores, a falta de saneamento básico na região foi o motivo para a elevação da condutividade elétrica.

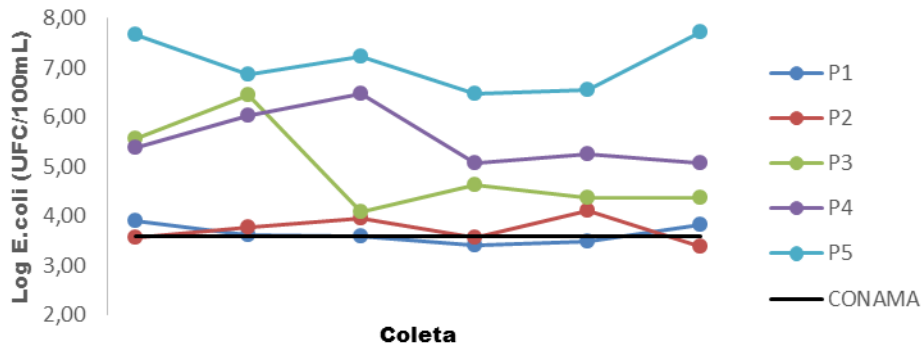
Os resultados dos parâmetros químicos pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT) e microbiológico (*E. coli*) para os 5 pontos do Ribeirão Guaraçau para as seis coletas realizadas entre setembro de 2015 a agosto de 2016 estão apresentados na Figura 4.

A análise do pH, para todos os pontos analisados, não apresentou variação significativa ao longo da bacia hidrográfica, e com os menores valores de coeficiente de variação, sendo que seus valores médios se encontram dentro dos limites estabelecidos pela

Resolução CONAMA 357/05, mesmo com áreas com atividade industrial, agrícola e com falta de saneamento básico na região. A única exceção refere-se ao ponto P1 que apresentou algumas medidas abaixo de 6,0, devido à presença de área vegetada no entorno, o que leva a águas mais ácidas devido à decomposição da matéria orgânica (MANAHAN, 2016).

Figura 4. Valores das medidas químicas de pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT) e microbiológico (*E. coli*) para os cinco pontos do córrego Guaraçu para as seis coletas realizadas entre set/15 a ago/16.



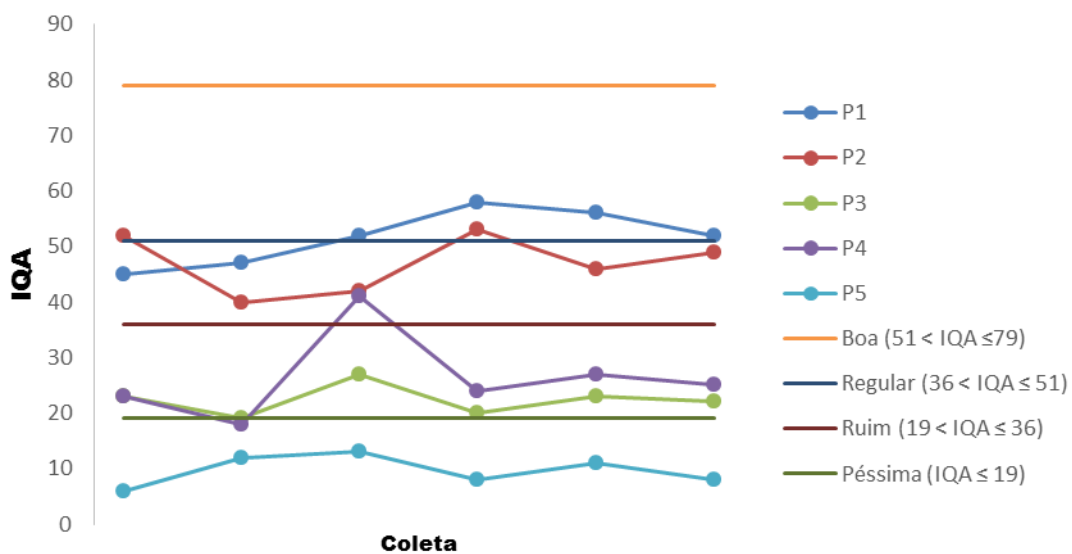


As águas do Ribeirão Guaraçau, juntam-se a outros contribuintes que deságuam no Lago Azul, cuja origem foi uma antiga cava de extração de areia (MESQUITA, 2011). Atualmente, este lago é usado para atividades de recreação, como o banho e pesca, por moradores da região (TREMANTE, 2017). Neste ponto P2, os valores de fósforo total, para corpos lânticos, e principalmente o parâmetro microbiológico apresentaram-se acima do estabelecido em legislação. A contaminação fecal oriunda de ocupações regulares e irregulares, associado à falta de coleta de esgoto e a criação de animais, leva a valores acima do permitido pela legislação e certamente merece uma maior atenção das autoridades municipais, uma vez que a população local utiliza o Lago Azul para atividades recreacionais (TREMANTE, 2017). O ponto P3, na porção norte da bacia hidrográfica está localizado após os corpos hídricos receberem a influência de diversas residências no bairro Água Azul, onde inclusive existe a presença de uma área de ocupação urbana desordenada de alta densidade (favela) sem coleta de esgoto. Tal cenário de degradação do corpo hídrico é confirmado quando se compara o ponto P2 com o ponto P3 e observa-se um aumento médio de 15 vezes no teor de fósforo total e 87 vezes no teor de *E. coli*. Estes valores sofrem um aumento contínuo ao longo da bacia, e os valores mais elevados foram encontrados para o ponto P5 que recebe as influências de áreas ocupadas pela Chácara Recreio Rober e da Vila Carmela.

A análise da matriz de correlação de Pearson a partir dos resultados das análises apresentou uma forte correlação entre os parâmetros ST e TU (0,74), DBO e *E. coli* (0,81), e uma correlação moderada entre PT e CE (0,60), PT e ST (0,62), PT e DBO (0,56), TU e *E. coli* (0,51), TU e PT (0,65), TU e DBO (0,53). A forte correlação entre a carga orgânica e a *E. coli* indica a presença de esgoto nas águas do Ribeirão Guaraçau, conforme descrito na literatura (SPERLING, 2005). A turbidez e sólidos totais são parâmetros associados à presença de sólidos em suspensão (SPERLING, 2005) que para o Ribeirão Guaraçau está associado a fatores de carreamento de sólidos devido ao solo exposto e a urbanização no seu entorno, bem como lançamento de esgoto e efluentes que afetam diretamente estes parâmetros.

A partir dos parâmetros analisados, foi realizado o cálculo do Índice de Qualidade da Água modificado (IQAM) ao longo da bacia para os cinco pontos de coleta no período estudado (Figura 5). A qualidade média da água é BOA no ponto P1, REGULAR no ponto P2, RUIM para os pontos P3 e P4, e péssima para o ponto P5, próximo ao exutório. Isto reflete o uso da terra ao longo da BHRG que tem ao norte sua porção mais preservada e ao sul sua porção mais urbana e deteriorada. Devido à falta de condições de saneamento básico nos bairros da região, o aporte de poluentes é notório ao se analisar a qualidade da água em termos do índice de qualidade de água, sendo o ponto P5 como uma água de péssima qualidade que serviria apenas para a navegação. No ponto P5 ocorre aporte de poluentes de esgoto doméstico, industrial e também agrícola.

Figura 5. Variação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) do Córrego Guaraçau, ao longo dos 5 pontos de coleta no período de set/15 a ago/16.



Esta piora crescente na qualidade da água de montante à jusante é reflexo da influência das concentrações de poluentes que contribuíram para o decréscimo da qualidade das águas analisadas, confirmadas através das análises de DBO, PT, OD e *E. coli*. Ocupações irregulares à partir do ponto P3, associado com área agrícola no ponto P4, levam a uma piora na qualidade da água, independente da época do ano. Esta piora é mais acentuada no ponto P5 que recebe grande quantidade de esgoto doméstico e industrial, conforme observado no mapa de uso e ocupação da terra (Fig.2). Estudos em bacias hidrográficas com diferentes níveis de urbanização constataram que o lançamento de esgoto doméstico diretamente nos corpos hídricos foi a principal causa da piora na qualidade da água (SAAD et al., 2007; SOUZA;

GASTALDINI, 2014; BATISTA; GASTMANS, 2015; ABREU; CUNHA, 2017; TRINDADE et al., 2017).

Em estudo recente, Vargas et al. (2017) relacionaram a evolução do uso da terra com a qualidade das águas do rio Baquirivu-Guaçu e constataram que devido ao processo de urbanização inadequado na região, associado à ineficiência das obras de saneamento realizadas até o momento, levaram a uma qualidade de água péssima. As águas superficiais da BHRG, analisadas no presente estudo, e que deságuam no rio Baquirivu-Guaçu, contribuem de maneira negativa para a piora desta qualidade das águas.

CONCLUSÃO

Diante da crise hídrica que ocorreu recentemente na região Sudeste do Brasil, o município de Guarulhos poderia contribuir de maneira mais efetiva na produção de uma água de qualidade. No entanto, o presente estudo ao avaliar a qualidade da água da BHRG, observou uma qualidade de água BOA apenas no ponto próximo à nascente do Ribeirão Guaraçau.

De acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para corpos hídricos de classe 3, vários foram os parâmetros físico-químicos e microbiológico que ficaram acima do limite estabelecido. Cabe destaque para o parâmetro microbiológico que para todos os pontos ficou acima do limite da legislação, sendo que no ponto 2, onde localiza-se o Lago Azul e que é utilizado para o banho como atividade recreacional.

Medidas preventivas, tais como proteção e recuperação das matas, a coleta e tratamento do esgoto nas áreas urbanas ao longo da bacia e orientações aos produtores agrícolas quanto ao uso consciente de fertilizantes e agrotóxicos certamente auxiliarão em uma melhora significativa da qualidade da água da BHRG.

AGRADECIMENTOS

- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo fomento ao Projeto de Auxílio à Pesquisa, Processo 2015/07406-4.

- Ao laboratório de geoprocessamento da Universidade de Guarulhos pelos mapas elaborados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária Ambiental** 22(1), 45-56, 2017.
- ANDRIETTI, G., FREIRE, R., DO AMARAL, A. G., DE ALMEIDA, F. T., BONGIOVANI, M. C., SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT/Water quality index and eutrophication indices of Caiabi River, MT. **Revista Ambiente & Água**, 11(1), 162 - 175, 2016.
- APHA-AWWA-WPCF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington: [s.i.], 2012.
- BATISTA, L. V.; GASTMANS, D. Hidrogeoquímica e qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Jacaré-Pepira (SP), Brasil. **Pesquisas em Geociências** 42(3), 297-311, 2015.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2016.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Cultrix, 1997.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice da Qualidade da Água**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acesso em: 25 fev 2017
- COSTA, M.L.R.; HENRY, R. Phosphorus, nitrogen, and carbon contents of macrophytes in lakes lateral to a tropical river (Parapanema River, São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, no. 2, p. 122-132, 2010.
- DAS, R.; SAMAL, N.R., ROY, P.K.; MITRA, D. Role of Electrical Conductivity as an Indicator of Pollution in Shallow Lakes. **Asian Journal of Water, Environment and Pollution**, 3(1): 143-146, 2006.
- DE FREITAS PEREIRA, B. W., MACIEL, M. D. N. M., DE ASSIS OLIVEIRA, F., DA SILVA ALVES, M. A. M., RIBEIRO, A. M., FERREIRA, B. M., & RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil/Land use and water quality degradation in the Peixe-Boi River watershed. **Revista Ambiente & Água**, 11(2), 472-485, 2016.
- DE PAULA CARVALHO, A., BALDUINO, Â. R., MACIEL, G. F., & PICANÇO, A. P. Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional–TO. **Geociências (São Paulo)**, 35(3), 472-484, 2016.
- ESRI - **ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE**. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.0. Redlands; Software, 2013.
- FIA R.; TADEU H.C.; MENEZES, J.P.C; FIA, F.R..L; OLIVEIRA, L.F.C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 20(2), 267 – 275, 2015.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>
- MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2016.

- MARENGO, J. A., NOBRE, C. A., SELUCHI, M. E., CUARTAS, A., ALVES, L. M., MENDIONDO, E. M., SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, 106, 31-44, 2015.
- MARICATO, E. **Conhecer para resolver a cidade ilegal**. In: CASTRIOTA, L. B. (org.) *Urbanização brasileira/redescobertas*. Belo Horizonte, C/Arte, pp. 78-96, 2003.
- MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Contexto: 1994.
- MESQUITA, M. V. **Degradação do meio físico em loteamento nos bairros Invernada, Fortaleza e Água Azul, como estudos de casos da expansão urbana do município de Guarulhos (SP)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas (Rio Claro), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, UNESP, 2011.
- OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M. R. M.; QUEIROZ, W.; SATO, S. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. 2009. 179 p. Guarulhos: Universidade Guarulhos. 2009. (Relatório FAPESP, processo nº 05/57.965-1).
- RIBEIRO, T.F.B., ANDRADE, M. R.M., SATO, S. E., dos SANTOS, M. T.; SAAD, A. R. Análise geoambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Guaraçau, Guarulhos (SP), com base no mapa de uso da terra e aspectos morfométricos, **Revista Universidade Guarulhos. Geociências**, São Paulo, 12(1), 49 -62, 2013.
- RIBEIRO, T. F. B. **Reflexos do Uso da terra na Avaliação da Poluição Hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Lavras, Guarulhos – SP**. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos. 2016.
- RÍOS-VILLAMIZAR, E. A.; MARTINS JUNIOR, A. F.; WAICHMAN, A. V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na bacia do rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental. **Revista Geografia Acadêmica**, 5(2), 2011.
- SAAD, A. R.; SEMENSATTO-JUNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990-2006. **Revista UnG-Geociências**, 6, 118-133, 2007.
- SÃO PAULO. **Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977**. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1977.
- SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M. ; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 13(3), 329-338, 2008.
- SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 19(3), 263-274, 2014.
- SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG. 2005.
- THOMPSON, M.Y.; BRANDES, D.; KNEY, A.D. Using electronic conductivity and hardness data for rapid assessment of stream water quality. **Journal of Environmental Management**, 104, 152-157, 2012.
- TOMINAGA, L. K., FERREIRA, C. J., VEDOVELLO, R., TAVARES, R., SANTORO, J. e SOUZA, C. R. G. **Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do litoral norte de São Paulo: Conceitos e técnicas**. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, São Carlos, SP. Anais. São Carlos, SP: SUPREMA, 12p. v. 1, 2004.
- TONG, S. T. Y.; CHEN, W. Modeling the relationship between land use and surface water quality. **Journal of Environmental Management**, New York, 66, 377-393, 2002.

- TORRES, H.; MARQUES, E. **Reflexões sobre a hiperperiferia: novas e velhas faces da pobreza no entorno metropolitano.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, n. 4, p. 49-70, 2001.
- TREMANTE, M. A. **Qualidade da água do Lago Água Azul, Guarulhos, SP, sob o aspecto da Saúde Pública.** Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2017.
- TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C.; Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária Ambiental.** 22, 13, 2017.
- UWIDIA, I. E; UKULU, H.S. Studies on electrical conductivity and total dissolved solids concentration in raw domestic wastewater obtained from an estate in Warri, Nigeria. **Greener Journal of Physical Sciences.** vol. 3 (3), pp. 110-114, April 2013.
- VARGAS R. R.; SAAD A.R.; DALMAS F.B.; ROSA A.; ARRUDA R.O.M.; MESQUITA M.V.; ANDRADE M.R.M. Water Quality Assessment in the Córrego Taquara do Reino Hydrographic Basin, Guarulhos Municipality (São Paulo State - Brazil): Effects of Environmental Degradation. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ,** Vol. 38 (2): 137-144, 2015.
- VARGAS R.R., GONÇALVES J.J.S., DALMAS F.D., SAAD A.R., ARRUDA R.O.M., FERREIRA A.T.S. The contribution of the Guarulhos Municipality (São Paulo State) to the water quality of the Alto Tietê System. **Pesquisas em Geociências** 44 (1), 109-121, 2017.
- VELP CIENTIFICA. **BOD Analysis.** Disponível em: <http://www.velp.com/en/products/lines/2/family/31/bod_analysis>. Acesso em: 14 abr 2016.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da crise hídrica que ocorreu recentemente na região Sudeste do Brasil, o município de Guarulhos poderia contribuir de maneira mais efetiva na produção de uma água de qualidade. No entanto, o presente estudo ao avaliar a qualidade da água da BHRG, observou uma qualidade de água BOA apenas no ponto próximo à nascente do Ribeirão Guaraçau.

De acordo com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), para corpos hídricos de classe 3, vários foram os parâmetros físico-químicos e microbiológico que ficaram acima do limite estabelecido. Cabe destaque para o parâmetro microbiológico que para todos os pontos ficou acima do limite da legislação, sendo que no ponto 2, onde localiza-se o Lago Azul e que é utilizado para o banho como atividade recreacional.

Medidas preventivas, tais como proteção e recuperação das matas, a coleta e tratamento do esgoto nas áreas urbanas ao longo da bacia e orientações aos produtores agrícolas quanto ao uso consciente de fertilizantes e agrotóxicos certamente auxiliarão em uma melhora significativa da qualidade da água da BHRG.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKLAS JUNIOR, R.; ETCHEBEHERE, M. L.; CASADO, F. C. **Análise de perfis de drenagens do município de Guarulhos para detecção de deformações neotectônicas.** Revista UnG Geociências, v. 8, n. 6, p. 64-77, 07/2003.
- AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 1992 : Rio de Janeiro.
- ALVES, H. P. F. **Desigualdade ambiental no município de São Paulo: análise da exposição diferenciada de grupos sociais a situações de risco ambiental através do uso de metodologias de geoprocessamento.** Revista Brasileira de Estudos de População, São Paulo, v.24, n.2, p. 301-306, jul./dez. 2007.
- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. **Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.
- ANDRADE, M.R.M; OLIVEIRA, A.M.S. **Expansão urbana e problemas geoambientais do uso do solo em Guarulhos.** In: OMAR, E.E.H. (Org.) **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural.** São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008. p. 47-55.
- ANDRADE, M.R.M; OLIVEIRA, A.M.S; Aleixo, A.A; Barros, E. J; Bagattini, G; Queiroz, W; Sato, E. S; **Aspectos Fisiográficos da Paisagem Guarulhense.** In: OMAR, E.E.H. (Org.) **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural.** São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008. p. 25-37.
- BARROS, M. S.; **Reflexo do uso da terra na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do ribeirão Guaraçau, Guarulhos (SP): Uma análise comparativa entre as zonas rural e urbana.** Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós-Graduação e pesquisa, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, SP, 2017
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 3. ed. São Paulo: Ícone, 1990.
- BITAR, O.Y & ORTEGA, R.D. **Gestão Ambiental.** In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 32, p.499-508.
- BRASIL. **Lei Federal. 6938/81 31 de Agosto de 1981.** Política Nacional de Meio Ambiente, 1981.
- _____. Agência Nacional de Águas - ANA. **Atlas Brasil, volume 1. Abastecimento Urbano de Água.** Brasília, 2010.
- _____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº. 001, de 23 de Janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.
- _____. Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.357, de 17 de Março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- _____. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos,** regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- BONDUKI, N.; ROLNIK, R. **Periferia da Grande São Paulo: reprodução do espaço como expediente de reprodução da força de trabalho.** In: MARICATO, E. (Org.). A

- produção capitalista da casa (e da cidade) do Brasil industrial. São Paulo: Alfa-Ômega, 1982.
- BOTELHO, R. G. M.; DA SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- BRAGA, BENEDITO et al. **Introdução à engenharia ambiental**. – São Paulo: Prentice Hall, 2002. ISBN: 85-87918-05-2.
- BUARQUE, C. **A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.
- BULLARD RD. **Unequal protection: environmental justices and communities of color**. San Francisco: Sierra Club Books; 1996.
- CETESB, **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. 2014 [recurso eletrônico] / CETESB. - São Paulo: CETESB, 2015. (520 p.): il. color, PDF ; 61 MB. - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103).
- CAPRA, F. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Cultrix, 1997.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001. p. 415-440.
- COUTINHO, A.T.N.F.; SATO, S.E.; OLIVEIRA, A.M.S. **Influência da altitude nas unidades climáticas do Município de Guarulhos, SP**. In: ENCONTRO DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE GUARULHOS, 1, 2003. Guarulhos: UnG, 2003, Projeto Cabuçu UnG/FAPESP.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação Ambiental**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. Geomorfologia e Meio Ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.337-379.
- DEL PRETTE, M. E. **Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: Âncoras do planejamento e gestão ambiental**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 12, p. 89-121, 1998.
- DI BERNARDO, LUIZ; DANTAS, ANGELA D. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2005.
- ESRI - **ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE**. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.0. Redlands; Software, 2013.
- FERNANDES, M.R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATERMG. 24p. 1994.
- FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GOMES, G.L.C.C. **Análise geoambiental de áreas de risco a escorregamentos nos loteamentos do Recreio São Jorge e Novo Recreio, Município de Guarulhos – SP**. 2008. 97p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.
- GOULART, M. E. **Efeito da Implantação da estação de tratamento de esgoto na qualidade da água no município de Arujá (SP)**. Dissertação de Mestrado – Centro de Pesquisa e Pós Graduação - CEPPE, Universidade Guarulhos, Guarulhos – SP, 2013.
- GRAÇA, Beatriz. **Condicionantes geoambientais no processo histórico da ocupação territorial do município de Guarulhos, Estado de São Paulo**. 2007. 147 f. Dissertação

- (Mestrado em análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, São Paulo, 2007.
- GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra, n. 7**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/Manual_Tecnico_de_Uso_da_Terra_78888.pdf . Acesso em: 22 jun. 2016.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO S. A. **Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia**. São Paulo, n. 61. Boletim IPT. 165 p. 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **GEO Brasil 2002, Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil** / Organizado por Thereza Christina Carvalho Santos e João Batista Drummond Câmara. - Brasília: Edições IBAMA, 2002.
- JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; SCHRORSCHER, H.D. (1986) **Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na região do São Roque - SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Anais. Goiânia, SBG, v.2, p.730-743.
- JULIANI, C. **Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra de Itaberaba e São Roque na região das Serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo, SP**. 1993. 803p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LIEBMANN, Hans. **Terra um planeta inabitável? Da antiguidade até os nossos dias toda a trajetória poluidora da humanidade**. Rio de Janeiro: Editora do Exército, 1979.
- LIMA, A. G. **A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. GEOGRAFIA – v. 14, n. 2, jul./dez. 2005 - Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências**.
- LIMA, M. D. V.; RONCAGLIO, C. **Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, n. 3, p. 53-63, jan./jun. 2001.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M.E.; CUARTAS, A. ; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E.M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G., I. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP • São Paulo • n. 106 • p. 31-44 • julho/agosto/setembro 2015.
- MARICATO, E. **Conhecer para resolver a cidade ilegal**. In: CASTRIOTA, L. B. (org.). **Urbanização brasileira/redescobertas**. Belo Horizonte, C/Arte, pp. 78-96, 2003.
- MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Contexto: 1994.
- MENDONÇA, F. **Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental**. Revista RA'EGA, n. 3, n.1, p. 67-89, 1999.
- MESQUITA, M. V. **“Degradação do meio físico em loteamentos nos bairros Invernada, Fortaleza e Água Azul, como estudos de casos da expansão urbana do Município de Guarulhos (SP)”**. 2011. 146 f. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociência e Ciências Exatas.
- MESQUITA, M. V. **Características do meio físico do bairro Água Azul, Guarulhos-SP, para fins de planejamento e ocupação urbana**. 1998. 132p. Dissertação (Mestrado em Paleontologia Estratigráfica) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

- MOULTON, T.P. 1998. **Saúde e integridade do ecossistema e o papel dos insetos aquáticos.** In: J.L. NESSIMIAN e A.L. CARVALHO (eds.), *Ecologia de insetos aquáticos*. Rio de Janeiro, PPGEUFRJ, p. 281-298. (Série Oecologia Brasiliensis).
- MYINT, S. W.; GOBER, P.; BRAZEL, A.; GROSSMAN-CLARKE, S.; WENG, Q. **Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery.** *Remote Sensing of Environment*, 2011. v. 115, n.5, p.1145-1161, doi:10.1016/j.rse.2010.12.017.
- NIKAIDO M. et al 2004. **Análise da qualidade da água do córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP: enfoque para coliformes fecais e metais pesados.** *O mundo da Saúde*,28: 414-420.
- NUNES, A.B; LEITE, E. F. **Geoprocessamento aplicado à determinação do uso e cobertura da Terra da bacia hidrográfica do Rio Areias.** Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.121 -128. 2014.
- OLIVEIRA, A.M.S.; ANDRADE, M.R.M.; SATO, S.E.; QUEIROZ, W. **Bases geoambientais para um sistema de informações ambientais do município de Guarulhos.** 2006-2009. Palestra proferida no dia 08 de julho/ 2015 na Universidade de Guarulhos. SP.
- OLIVEIRA, D. G. **O uso da terra na Bacia Hidrográfica Cachoeirinha Invernada e seus reflexos na qualidade das águas do Córrego Cachoeirinha invernada, Guarulhos (SP).** Guarulhos, 2017, 102p. Dissertação (Mestrado) –Instituto de Geociências, Universidade de Guarulhos.
- OMAR, E. E. H. et. al. **Revelando a história de Bonsucesso e região: nossa cidade, nossos bairros!** São Paulo: Noovha América, 2010.
- PÁDUA, H. B. **Águas com dureza e alcalinidade elevadas conceitos e comportamentos ambientais observações iniciais na Região de Bonito/MS.Br,** registro de dados – 2001 Disponível em: < www.abrappesq.com.br/apostila_helcias.doc>. Acesso em: junho 2015.
- PANCHER, A.M; ROSSETT, L. A. F. G. **O Potencial da Classificação Digital de Imagens para Mapeamento da Cobertura do Solo Urbano.** In.: anais do XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Uso e ocupação da terra e as mudanças das paisagens. Vitória/ES: Departamento de Geografia, 2013. p. 197-205.
- PDMG - PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO, ECONÔMICO E SOCIAL DO MUNICÍPIO DE GUARULHOS. **Decreto-lei numero 6.055**, aprovado pela Câmara Municipal de Guarulhos em 30 de dezembro de 2004.
- PIASENTIN, A. M.; SEMENSATTO-JUNIOR, DL; SAAD, A.R.; MONTEIRO JUNIOR, A. J; RACKZA, M.F. **Índice de Qualidade da Água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo.** *Geociencias*, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/71381>>.
- PINHEIRO, A., **Avaliação e monitoramento da qualidade das águas**, in Romeiro, A.R. (org), *Avaliação e contabilização de impactos ambientais*, Campinas, Editora Unicamp, 2004, p. 55-73.
- PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; LUZ DE FREITAS, C. G.; DINIZ, N. C. **Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais.** In: *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo. 1995. p. 187-202.
- QUEIROZ, W.D. **Impactos Geoambientais da ocupação urbana na Microbacia Córrego Taquara do Reino – Bairro Novo Recreio, Município de Guarulhos, SP.** 2005. 41p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.
- RIBEIRO, T.F.B.; ANDRADE, M.R.M.; SATO, S.E.; SANTOS, M.T.; SAAD, A.R.. **Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Guaraçau, Guarulhos (SP), com Base no Mapa de Uso da Terra e Aspectos Morfométricos.** *Revista Universidade Guarulhos - Geociências*. Guarulhos, v.12, n.1, p.49-62. 2013.

- RIBEIRO, T. F. B. **Reflexos do Uso da terra na Avaliação da Poluição Hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Lavras, Guarulhos – SP.** Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Universidade Guarulhos. 2016.
- RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudoeste do Brasil.** São Paulo, 1989, 256p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- ROMERO, A. R. **Avaliação e contabilização de impactos ambientais.** 1ª ed. Campinas (SP): Unicamp, 2004.
- ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74. 1994.
- _____. PRETTE, M. E. **Recursos hídricos e a bacia hidrográfica: âncoras do planejamento e gestão.** Revista do Departamento de Geografia, v.12, p.89-121, 1998.
- SAAD, A.R.; SEMENSATTO-JUNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. **Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990-2006.** Revista UnG - Geociências, v. 6, n. 1, p. 118-133, 2007.
- SANTOS, S. A. D. **Tanque Grande: um espaço em transformação: estudo da região do Tanque Grande – Guarulhos, área de proteção de mananciais.** 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SÃO PAULO. **Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.** Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1977.
- SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia.** Departamento de Engenharia. UFLA.Lavras-MG. 1995.
- SILVEIRA, M.P; BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L.; EGLER, M. **Application of biological measures for stream integrity assessment in South-East Brazil.** Environmental Monitoring and assessment, 101:117-128, 2005.
- STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H.; NEISS, U.G.; OLIVEIRA, M.Z. 2003. **Avaliação dos efeitos de fontes de poluição pontual sobre os macroinvertebrados bentônicos no arroio Peão, RS.** In: L. H. RONCHI e O. G. W. COELHO (eds.), Tecnologia, diagnóstico e planejamento ambiental. São Leopoldo, Editora Unisinos, p. 61-85.
- TERAAMBIENTAL. **As principais leis ambientais brasileiras.** São Paulo, nov. 2015. Disponível em :<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/as-principais-leis-ambienbrasileiras>. Publicado em 27-11-2015 11:46. Acesso em :15/09/2017.
- TOMINAGA, L. K., FERREIRA, C. J., VEDOVELLO, R., TAVARES, R., SANTORO, J. e SOUZA, C. R. G.. **Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do litoral norte de São Paulo: Conceitos e técnicas.** In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, São Carlos, SP. Anais. São Carlos, SP: SUPREMA, 12p. v. 1, 2004.
- TORRES, H.; MARQUES, E. **Reflexões sobre a hiperperiferia: novas e velhas faces da pobreza no entorno metropolitano.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, n. 4, p. 49-70, 2001.
- TRENTIN, Patricia S.; BOSTELMANN, Eleine. **Metrologia & Instrumentação "Programa Interlaboratorial para Sólidos Totais Dissolvidos e em Suspensão em Amostras de Água".** São Paulo, 2010.
- TRICART J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE/ SUPREN, 91 p. 1977.
- VARGAS, R.R.; SAAD, A.R.; ANDRADE, M.R.M.; SEMENSATTO-JUNIOR, D.L.; GOULART, M.E.; MARTINEZ, S.S. **Efeitos do Uso do Solo e da Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto sobre a Qualidade das Águas do Rio Baquirivu-**

- Guaçu, Região Metropolitana de São Paulo.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos , v. 20, p. 147-156, 2015.
- VARGAS, R. R.; GONCALVES, J. J. S.; DÁLMAS, F. B.; SAAD, A. R.; ARRUDA, R.O. M. A.; FERREIRA, A.T.S.; **The contribution of the Guarulhos Municipality to the water quality of the Alto Tiête system.** Pesquisas em geociências (Online), v. 44, p. 109-121, 2017.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3º ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).
- ZILBERMAN, I. **Introdução a Engenharia Ambiental.** 1ª ed. Canoas (RS): Ed. Ulbra, 1997.